

# **Savonia - ammattikorkeakoulun valopolkuyhteydet ja niiden toiminta**

**Timo Toivanen**

**Opinnäytetyö**

**Ammattikorkeakoulututkinto**

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma Tietotekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Timo Toivanen	
Työn nimi Savonia-ammattikorkeakoulun valopolkuyhteydet ja niiden toiminta	
Päiväys 3.5.2011	Sivumäärä/Liitteet 41
Ohjaaja(t) Matti Kuosmanen	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Savonia-AMK:Tietohallinto	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää ja tutkia Savonia-ammattikorkeakoulun uutta valokuituverkkoa. Tarkoituksena oli kuvata verkon rakentamisen etenemistä suunnitelma- vaihtoehtoineen ja päätyä lopulta varsinaiseen toteutukseen. Työssä esiteltiin myös tietotekniikan peruskäsitteitä sekä valokuitujen tekniikkaa ja siihen liittyvää laitteistoa. Tietoverkon dokumentoinnin ansiosta tietoverkosta saatiin selkeä kuva. Projektin dokumentointi antaa ammattikorkeakoululle ja sen opiskelijoille mahdollisuuden tutustua ja hyödyntää tietoverkkosuunnitelmaa jatkossa.</p> <p>Opinnäytetyö eteni kuvaamalla Savonia-ammattikorkeakoululla suoritettavaa tietoverkon rakennustyötä eri vaiheineen. Työ suoritettiin Savonia-ammattikorkeakoulun Opistotien kampuksella. Projekti tehtiin yhteistyössä Opistotien kampuksen Tietohallinnon kanssa.</p> <p>Projektin tuloksena onnistuttiin saamaan selkeä ja toimiva tietoverkkokokonaisuus joka vastaa nykyajan vaatimuksia. Lisäksi onnistuttiin luomaan selkeämpi kuva valokuituyhteyksistä ja niiden toiminnasta.</p>	
Avainsanat Valokuitu, dokumentointi	

# SAVONIA UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Information Technology			
Author(s) Timo Toivanen			
Title of Thesis Fiber-Optic Links of Savonia University of Applied Sciences			
Date	3 May 2011	Pages/Appendices	41
Supervisor(s) Mr Matti Kuosmanen			
Project/Partners Savonia-AMK:Tietohallinto/Pekka Vedenpää			
<p>Abstract</p> <p>The purpose of this thesis was to examine and document the new fiber-optic links of Savonia University of Applied Sciences. The aim was to describe events in the construction process and to present different alternatives which have been considered in the project. This thesis was done because the new network needed planning and documentation.</p> <p>This thesis involved a lot of planning and documentation and many visits at Tietohallinto in Opistotie who was the employer. There it was possible to get latest information about the project.</p> <p>The result of this thesis was a documentation of good and working network-entity that meets today's demands. It was also possible to get a clearer image of the fiber-optic links and their operations. It will be possible to utilize the network plan in the future.</p>			
<p>Keywords</p> <p>Fiber-Optic Links, documentation</p>			

## ALKUSANAT

Kyseinen opinnäytetyö kattaa syksyn 2010 ja kevään 2011 välisen ajan.

Tämä työ on tehty Savonia-ammattikorkeakoulun Opistotien yksikölle ja siellä yhteistyössä tietohallinnon kanssa. Haluan kiittää ohjaavaa opettajaani Matti Kuosmasta, jonka kautta sain tiedon kyseisestä projektista ja pääsin siihen mukaan.

Erityiskiitokset kuuluu myös tietohallinnon lab. insinööri Pekka Vedenpäälle, jolta sain aina uusimmat tiedot ja tarvittaessa apua työni toteuttamiseen. Toivon, että tästä työstä on minulle apua myös tulevaisuudessa verkkoja toteuttaessa.

Kuopiossa 28.3.2011

Timo Toivanen

---

## SISÄLTÖ

<b>1</b>	<b>JOHDANTO .....</b>	<b>8</b>
1.1	Savonia- ammattikorkeakoulu.....	8
1.2	Savonia- ammattikorkeakoulu Tekniikan Kuopion yksikkö.....	8
1.3	Opistotien Kampus ja siihen liittyvä verkkokokonaisuus .....	9
<b>2</b>	<b>VERKKOSTANDARDISOINTIJÄRJESTÖT .....</b>	<b>10</b>
2.1	ISO.....	10
2.2	ITU.....	10
2.3	IEEE.....	10
<b>3</b>	<b>OSI-MALLI .....</b>	<b>11</b>
<b>4</b>	<b>VALOKUITU .....</b>	<b>14</b>
4.1	Historia.....	14
4.2	Kuitujen perustyytit.....	14
4.2.1	Yksimuoto.....	14
4.2.2	Monimuoto.....	15
4.3	Verkkotopologiat .....	16
4.3.1	Rengastopologia .....	16
4.3.2	Puutopologia .....	17
4.3.3	Tähtitopologia.....	17
4.4	Edut ja haitat.....	18
4.5	Valopolut.....	19
4.5.1	WDM .....	19
4.5.2	DWDM.....	20
4.5.3	CWDM.....	20
4.6	Optisten kuitujen standardit .....	21
4.6.1	Optisten kuitujen laitteet .....	23
4.6.2	Lähettimet.....	23
4.6.3	Vastaanotin .....	23
4.6.4	Optinen vahvistin.....	24
4.6.5	Toistin.....	25
4.6.6	Multiplexeri .....	26
4.6.7	Demultiplexeri.....	27
4.7	Kaapelointitekniikat.....	28
4.7.1	Aluekaapelointi .....	28
4.7.2	Nousukaapelointi.....	28
4.7.3	Kerroskaapelointi.....	28
4.7.4	Keskitetty optinen kaapelointi .....	28
<b>5</b>	<b>MUU KÄYTETTÄVÄ LAITTEISTO .....</b>	<b>29</b>
5.1	Kytkimet .....	29
5.1.1	CISCO 6509 .....	30
5.1.2	JUNIPER EX4200 .....	30
5.1.3	JUNIPER MX240.....	32
5.1.4	JUNIPER SRX3000.....	33

<b>6</b>	<b>SAVONIA-AMMATTIKORKEAKOULUN TIETOVERKKO .....</b>	<b>34</b>
6.1	Tietoverkon rakenne .....	34
6.2	Suunnitelmat .....	35
6.2.1	Vaihtoehto 1 .....	35
6.2.2	Vaihtoehto 2 .....	36
6.2.3	Vaihtoehto 3 .....	37
6.3	Varayhteys.....	38
6.4	Toteutus.....	39
<b>7</b>	<b>YHTEENVETO .....</b>	<b>41</b>
	<b>LÄHTEET .....</b>	<b>42</b>

LYHENTEET

**APD** Avalanche Photodiode

**ADM** Add Drop Multiplexer

**CWDM** Coarse Wavelength Division Multiplexing

**dB/s** Databits per second

**DWDM** Dense Wavelength Division Multiplexing

**EDFA** Erbium Doped Fibre Amplifier

**GB** Gigabyte

**GB/s** Gigabyte per second

**IDP** Internet Datagram Protocol

**IEEE** Institute of Electrical and Electronics Engineers

**IP** Internet Protocol

**IPX** Internetwork Packet Exchange

**ISO** International Organization for Standardization

**ITU** International Telecommunication Union

**ITU-T** Telestandardintisectori

**LLC** Logical Link Control

**LED** Light-Emitting Diode

**MAC** Media Access Control

**MPLS** Multi protocol Label Switching

**OSI** Open Systems Interconnection Reference Model

**PoE** Power over Ethernet

**PON** Passive optical network

**POSIX** Portable Operating System Interface for unix

**SDH** Synchronous Digital Hierarchy

**SPX** Sequenced packet exchange

**TCP** Transmission Control Protocol

**UWDM** Ultra Dense Wavelength Division Multiplexing

**VHSIC** Very High Speed Integrated Circuit

**VRF** Virtual Route Forwarding

**VSS** Virtual Switching System

**WDM** Wavelength Division Multiplexing

## 1 JOHDANTO

Savonia-ammattikorkeakoulun Tekniikan yksikön tietoverkkoa uusitaan käyttämällä valokuitua. Uusi valokuituyhteys nostaa tietoverkon nopeuden jopa 10 Gb:iin ja myös varayhteys saa kyseisen nopeusluokan. Työ on aloitettu vuoden 2010 puolella. Tämän työn tarkoituksena on tehdä dokumentointi uusien verkkojen rakenteesta ja toiminnasta sekä tuoda tämä projekti yleiseen tietoisuuteen, jotta työtä voidaan hyödyntää tulevaisuudessa. Tässä työssä käsitellään tietoverkon suunnitelma ja esitellään tietotekniikkaan liittyvää teoriaa sekä siihen liittyvää laitteistoa.

### 1.1 Savonia- ammattikorkeakoulu

Savonia-ammattikorkeakoulu on yksi Suomen suurimmista ja monipuolisimmista ammattikorkeakouluista. Ammattikorkeakoulu kouluttaa osaajia seitsemälle eri koulutusalalle. Suurin yksittäinen koulutusala on Tekniikka ja liikenne. Koulutusyksiköitä on Kuopiossa, Iisalmessa ja Varkaudessa. Vuonna 2007 rakennettiin uusi kampus Itä-Suomen yliopiston yhteyteen Savilahteen.

Savonia-ammattikorkeakoulua ylläpitää Savonia-ammattikorkeakoulun kuntayhtymä. Kuntayhtymän jäsenkunnat ovat Iisalmi, Kiuruvesi, Kuopio, Lapinlahti ja Varkaus. Kuntayhtymän johtajana toimii Veli-Matti Tolppi.

### 1.2 Savonia- ammattikorkeakoulu Tekniikan Kuopion yksikkö

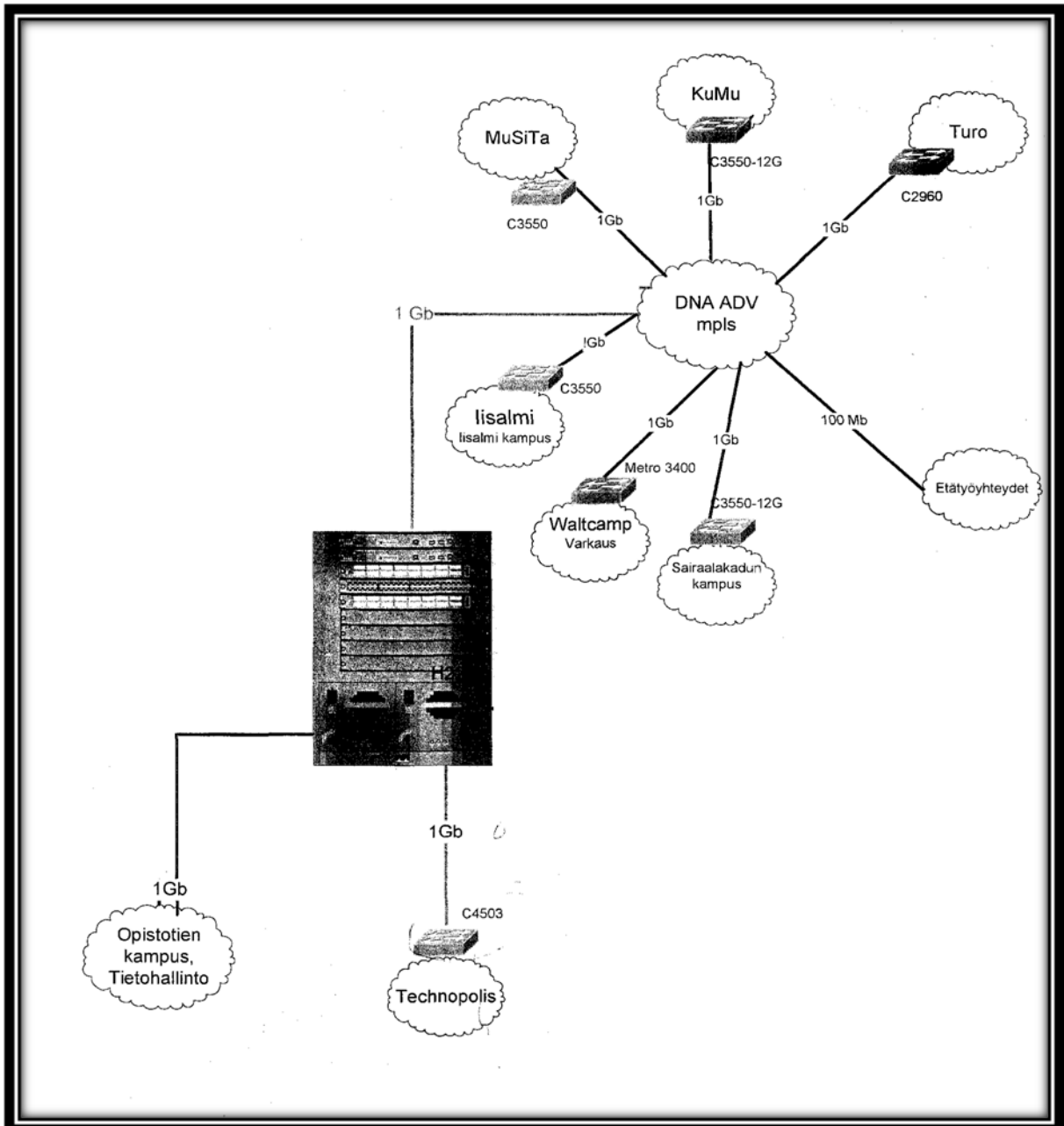
Savonia-ammattikorkeakoulun Tekniikan Kuopion yksikkö (ent. Kuopion teknillinen oppilaitos) on vuonna 1886 perustettu oppilaitos, jota valtio ylläpiti vuoteen 1995. Yksikössä koulutetaan insinöörejä (AMK) kone-, sähkö-, rakennus-, ympäristö- ja puutekniikan aloille. Koulutusyksikössä annetaan myös ammatillista lisä- ja täydennyskoulutusta sekä suoritetaan palvelu- ja tutkimustoimintaa.

Nykyään TeKu on noin 1800:n tutkintoon tähtäävän opiskelijan ja noin 170 työntekijän yksikkö. Sen toiminta on laajentunut, ja Technopolis Kuopion jokaisen rakennusvaiheen myötä se on saanut uusia opetus- ja tutkimustiloja Kuopion tiedelaaksoon yritysten toimintojen yhteyteen. Vuosittain valmistuvasta noin 300 insinööristä 60 % jää suoraan Pohjois-Savon elinkeinoelämän palvelukseen. Tämä on tärkein osa korkeakoulun asetuksen mukaista aluekehitystoimintaa.



### 1.3 Opistotien Kampus ja siihen liittyvä verkkokokonaisuus

Seuraavassa kuvassa (Kuva 1) näkyy nykyinen verkkokokonaisuus, johon myös Opistotien Kampus kuuluu. Kuopion lisäksi siihen kuuluvat yksiköt Varkaudesta ja Iisalimesta. Tässä vaiheessa yhteydet ovat vielä 1 Gb:n yhteyksiä, kuten kuva osoittaa. Nopeuksien muuttuessa myös ammattikorkeakoulun mahdollisuudet ja kilpailukyky kasvavat. Uusi nopeusluokka vastaa myös paremmin nykyajan tietoverkkovaatimuksiin.



KUVA 1. Verkkokokonaisuuteen kuuluvat yksiköt.

LÄHDE: Savonia-ammattikorkeakoulu: Tietohallinnon materiaali

## 2 VERKKOSTANDARDISOINTIJÄRJESTÖT

Lähi- ja laajaverkkojen toimintoja määrittävät useat eri standardit. Tietotekniikassa käsitettä standardi voidaan pitää melko väljänä, koska standardiksi luetaan niin kansainväliset kuin myös valmistajien omat tuotteiden valmistuksessa käyttämät määrätykset. Niinpä suurin osa valmistajien laitteiden ja ohjelmistojen vioista johtuukin kansainvälisten pakottavien standardien puutteesta. Tärkeimpiä standardointijärjestöjä ovat ISO, ITU sekä IEEE.

### 2.1 ISO

ISO on vuonna 1947 perustettu kansainvälinen standardisoimisjärjestö. ISO ei ole minkään hallituksen alainen, mutta standardiensa välityksellä sillä on merkittävä vaikutusvalta. ISO:n jäseniä ovat kansalliset standardisoimisjärjestöt, yksi kustakin maasta. Suomea järjestössä edustaa Suomen Standardisoimisliitto SFS. ISO:n standardit ovat annettuja suosituksia. ISO:n dokumentteja ei jaeta vapaasti, mutta luonnosdokumentit ovat yleensä vapaasti saatavilla sähköisessä muodossa.

### 2.2 ITU

ITU on kansainvälinen televiestintäliitto, joka koordinoi YK:n alaisena televiestintäverkkoja ja -palveluja. ITU:n päätehtäviä ovat standardointi, radiotaajuuksien jakaminen ja puhelinverkkojen yhteyskäytäntöjen organisointi maiden välillä siten, että ulkomaanpuhelut ovat mahdollisia.

### 2.3 IEEE

IEEE on kansainvälinen tekniikan alan järjestö. Siihen kuuluu yli 370 000 jäsentä yli 160 maassa. Sen toiminnan piiriin kuuluu laaja julkaisutoiminta, tieteellisten konferenssien järjestäminen, koulutuksen edistäminen sekä monien alan keskeisten standardien määrittely. IEEE julkaisee yhteensä 132 alan tärkeimpiin luettavia tiedejulkaisuja. Tältä pohjalta voidaankin sanoa, että IEEE on maailman suurin ja merkittävin teknillinen järjestö.

Tunnettuja IEEE standardeja ovat muiden muassa:

- IEEE 754, liukulukujen toteuttaminen tietokoneissa
- IEEE 802, pakettipohjaisten lähiverkkojen standardit (mm. Ethernet (802.3), WLAN (802.11) ja Token Ring (802.5))
- IEEE 1003, POSIX eli Unix-tyyppisten käyttöjärjestelmien standardi
- IEEE 1076, VHDL (VHSIC)
- IEEE 1394, FireWire

### 3 OSI-MALLI

Tietojärjestelmien kuvauksissa käytettävää OSI-mallia (Open Systems Interconnection Reference Model) voidaan pitää tärkeimpänä standardina. Alun perin se oli tarkoitettu standardiksi, jota käyttämällä eri valmistajien laitteet sekä ohjelmistot olisivat olleet yhteensopivia. Laitevalmistajien kilpailu johti kuitenkin tämän ajatuksen häviämiseen, ja nykyään OSI-mallia käytetäänkin tietoliikennejärjestelmien toimintojen kuvaamiseen. OSI-malli muodostuu seitsemästä kerroksesta (layer), joista kolme alinta kerrosta määrittävät lähinnä laitteistojen toimintaa. Loput neljä kerrosta määrittävät asiakas-palvelin-sovelluksen ohjelmalliset toiminnot. Holttinen (2002, 25–30) käsittelee teoksessaan kaikki OSI-mallin kerrokset ja ne ovat seuraavat:

Fyysinen kerros (physical layer)

Fyysinen kerros määrittelee kaapelointiin ja signaalinsiirtoon liittyviä sähköisiä ja mekaanisia arvoja. Tyypillisinä määrityksinä voidaan pitää mm. liitin-kaapelityyppejä, signaalien jännite-tasoa sekä vaimennusta. Myös niin sanottu johtokoodaus (encoding), jonka tehtävänä on muuttaa bitit erilaisiksi signaalimuodoiksi, kuuluu tähän kerrokseen. Verkkojen aktiivilaitteista keskittimet, toistimet sekä mediamuuntimet kuuluvat tähän kerrokseen.

Siirtoyhteyserros (data link layer)

Siirtoyhteyserros määrittelee, kuinka lähetettävästä datasta voidaan muodostaa kaapelointijärjestelmissä siirrettäviä yksiköitä, kuten kehyksiä (frame) ja soluja (cell). Kerroksen pääasiallinen tehtävä on määrittää lähetettävän ja vastaanottavan laitteiden fyysiset osoitteet eli niin sanotut

MAC-osoitteet. Siirtoyhteyskerroksen keskeiset protokollat ovat Ethernet- ja Token Ring -kehysmäärittelyt. Kerroksen laitteista mainittakoon verkkokortit, sillat ja kytkimet.

#### Verkkokerros (network layer)

Verkkokerroksen tehtävänä on määritellä verkkojen väliset reititykset sekä liikennöinnin väliset priorisoinnit. Yleisimmät tämän kerroksen käyttämät protokollat ovat IP-protokolla (Internet Protocol) sekä IPX-protokolla (Internet Packet eXchange). Keskeisimpänä aktiivilaitteena verkkokerroksessa on kerroksessa on reititin.

#### Kuljetuskerros (transport layer)

Kerros on ensimmäinen ns. ohjelmallinen isäntäkerros. Kerroksen tehtäviä hoitavat sen nimen mukaisesti kuljetusprotokollat, joista lähiverkoissa on käytössä mm. TCP(Transmission Control Protocol), SPX (Sequential Packet Exchange) sekä NetBIOS - protokollat. Kyseisten protokollien tehtävänä on pilkkoa eri sovellusten lähettämää datavirtaa sellaisen kokoisiksi yksiköiksi, joita voidaan käsitellä.

#### Yhteysjakso- eli istuntokerros (session layer)

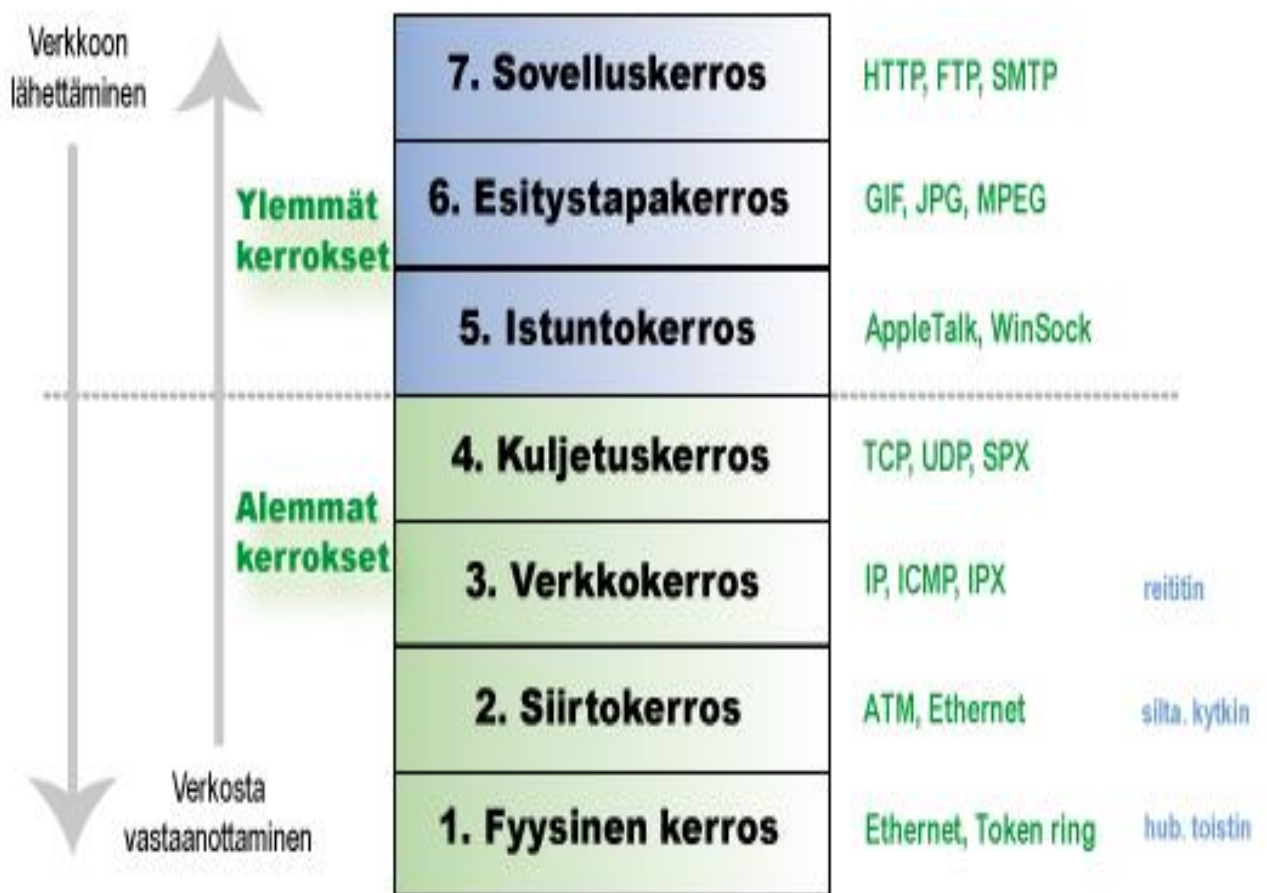
Yhteysjaksokerroksen tehtäviin kuuluvat käyttöoikeuksien tarkistaminen sekä muut järjestelmän suojauksiin liittyvät tehtävät. Sen ohjelmistojen tehtävänä on tarjota tarvittavat kirjautumisrutiinit ja siihen liittyvät salausmenetelmät sekä huolehtia tiedosto-, tietue- ja kenttälukituksista.

#### Esitystapakerros (presentation layer)

Esitystapakerroksen tehtävänä on määritellä, missä muodossa asiakkaan ja palvelimen välinen ns. sanomaliikenne tapahtuu. Erilaiset koodausjärjestelmät kuuluvat kerroksen määrittelyihin. Tiedonsiirto järjestelmien välillä tapahtuu binäärimerkkojonoina (binary string). Siirrossa käytetään vaan yhtä tietotyyppiä, joten alkuperäiseen sanomaan joudutaan määrittelemään, miten tietotyytit koodataan (encode) ja miten ne dekodataan (decode) takaisin alkuperäisiksi tietotyypeiksi. Kerroksen määrittelyksiä ovat erilaiset merkkikoodistot, kuten ASCII (American Standard for Character Information Interchange). Nykyisissä lähiverkkojärjestelmissä tehtävistä huolehtii käyttöjärjestelmä.

## Sovelluskerros (application layer)

Viimeinen kerros eli sovelluskerros määrittelee sovellusten ja käyttöjärjestelmien toiminnasta ne osat, joita alemmissa kerroksissa ei ole määritelty. Nykyisissä lähiverkkojen sovelluksissa ja käyttöjärjestelmissä sovellus-, esitystapa- ja istuntokerrosten erottaminen toisistaan ei ole mahdollista, vaan niistä muodostuu yksi ohjelmallinen kokonaisuus. Alla on kuvattu (Kuva 2) OSI-malli. Kuvasta näkyy kaikkien kerroksien toimintaan liittyvät ohjelmat ja tiedostot.



KUVA 2. OSI-malli.

LÄHDE:Google-kuvahaku

## 4 VALOKUITU

### 4.1 Historia

Optisen tiedonsiirron historiassa voidaan vuotta 1970 pitää käännekohtana, koska silloin Corning Glass Work valmisti optisen kuidun, josta tuli vahva kilpailija koaksiaalikaapeleille. Kuidun vaimennus oli alussa alle 20 dB/s, mutta sen laadun parantuessa ja kehitystyön edistyessä oli vuonna 1973 se jo alle 4 dB/s luokkaa.

Suomessa valokaapeli otettiin käyttöön vuonna 1979, jonka jälkeen Suomi on ollut aktiivisesti mukana sen kehityksessä. 1980- luvulla valokaapelin käyttö laajeni runko- ja yhdysverkkojen sovelluksista rakennusten väliseen kaapelointiin ja saman vuosikymmenen lopulla se tuli käyttöön myös rakennusten nousukaapelointiin.

Suomessa keskityttiin 1990-luvulla tilaajaverkon rakentamiseen ja kehittämiseen. Uusia valokuituyhteyksiä rakennettiin koko ajan lisää ja vanhoja koaksiaali, – sekä parikaapeleita korvattiin optisilla kuiduilla. 2000 - luku on ollut nopeaa kasvun sekä tilaajaverkkojen rakentamisen aikaa. Nykyään optinen kuitu on noussut sen kustannusten laskiessa sekä saatavuuden parantuessa ykkösvaihtoehdoksi uutta tietoliikenneinfrastruktuuria tehtäessä.

### 4.2 Kuitujen perustyytit

Optisessa kuidussa siirrettävä signaali on valoa. Sähköinen signaali muutetaan valoksi joko LED- tai laserlähettimillä. Valo pysyy kuidun sisällä kokonaisuheijastuksen avulla. Kuoren ja ytimen välillä on oltava riittävän suuri taitekerroin. Kuidun taitekerroinprofiilin ja siitä seuraavan valon etenemistavan mukaan kuidut jaetaan eri tyyppihin, joita on kolme. Seuraavassa esitellään kyseiset tyypit:

#### 4.2.1 Yksimuoto

Ytimen halkaisija on niin pieni, että valon taittamista ei juuri tapahdu eli tietyllä aallonpituudella on vain yksi muoto. Vaikka yksimuotokuidussa ei tapahdu ollenkaan muotodispersiota esiintyy siinä erilaista kromaattista dispersiota. Vaimennus on yksimuotokuiduilla huomattavasti pienempi kuin askelkuiduilla tai asteittaiskuiduilla, koska että signaali etenee suoraan

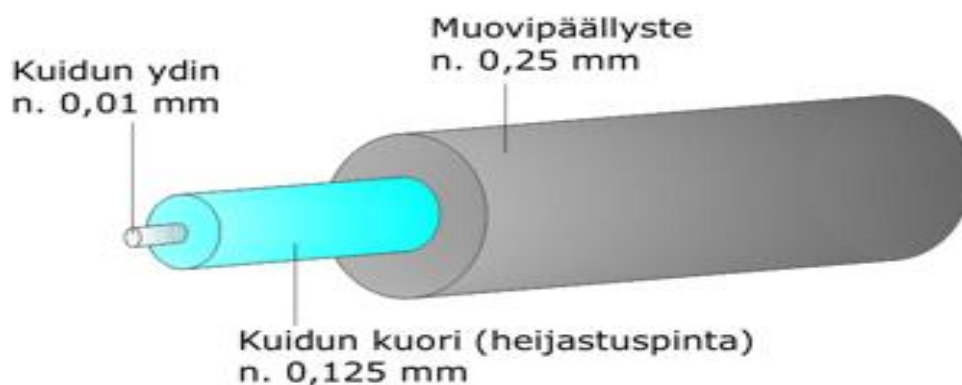
#### 4.2.2 Monimuoto

Monimuotokuituja on kahdenlaisia askeltaitekertoiminen ja asteittaistekertoiminen

Askeltaitekertoiminen monimuotokuitu eli askelkuitu jossa valo heijastuu suoraan verrannollisena tulokulmaan, koska ytimen halkaisija on huomattavasti suurempi kuin käytetyn valon aallonpituus.

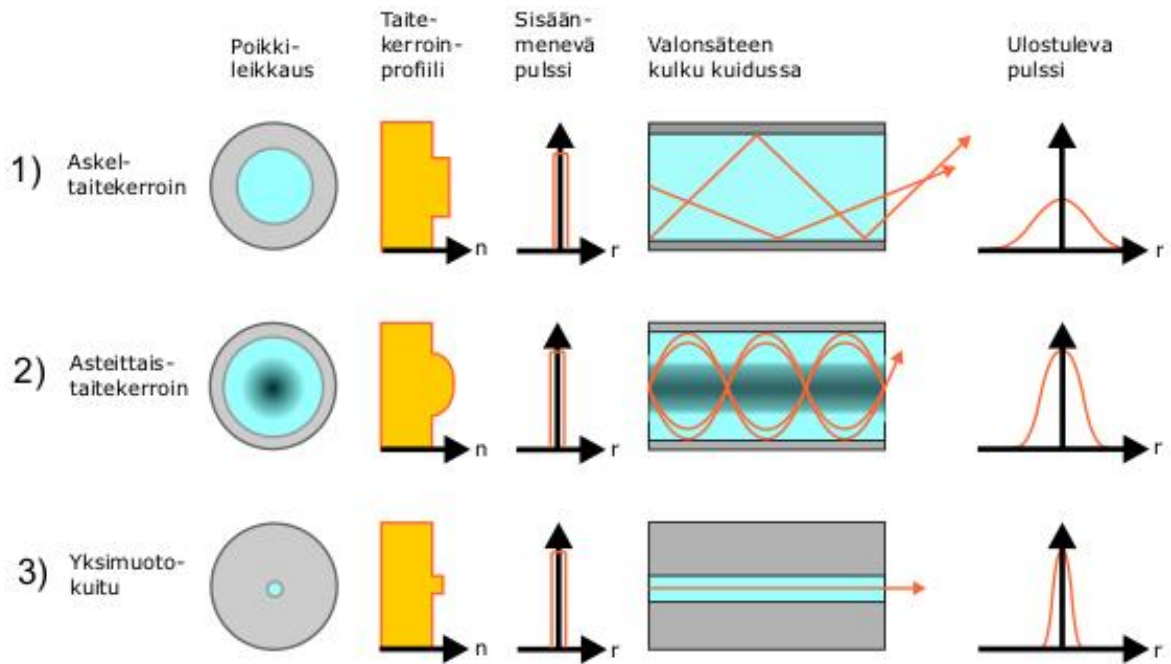
Valon aallonpituudesta riippuen valo etenee kuidussa eri kulmissa heijastellen. Koska eritaajuuksilla valolla on eri matka kuljettavana, levenee pulssi edetessään ja syntyy muotodispersiota

Asteittaistekertoiminen monimuotokuitu eli asteittaiskuitu jossa valonsäteet taittuvat vähitellen kuorta lähestyessään eikä jyrkästi kuten askelkuidussa. Tämän vuoksi valonnopeus on suurempi laidoilla kuin keskiosassa kuitua ja siksi muodostuu vähemmän muotodispersiota.



KUVA 3. Kuidun rakenne.

LÄHDE: Google-kuvahaku, valokuitu



Kuvan lähde: Teletekno, Optiset liityntäverkot 2006

KUVA 4. Kuitutyypit ja niiden ominaisuudet.

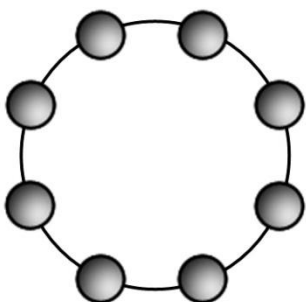
LÄHDE: [http://www.kuitu.net/portal/fi/kuituinfo/optinen\\_liityntaverkko/valokuitu/](http://www.kuitu.net/portal/fi/kuituinfo/optinen_liityntaverkko/valokuitu/)

#### 4.3 Verkkotopologiat

Valokaapeliverkot voidaan toteuttaa usealla eri topologialla, mutta yleisimmin käytetään tähtitopologiaa, joita on esim. täysi tähti, passiivinen optinen verkko (PON) ja aktiivinen tähti.

##### 4.3.1 Rengastopologia

Rengastopologiassa (ring topology) laitteet yhdistetään toisiinsa niin, että se muodostaa renkaan. Tällöin jokainen laite yhdistetään kahteen muuhun laitteeseen. Paketit kulkevat renkaassa, kunnes ne saavuttavat määrän.

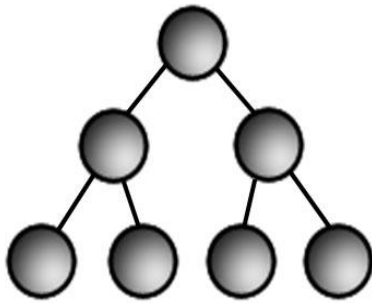


KUVA 5. Rengasmalli.



#### 4.3.2 Puutopologia

Puutopologiassa (tree topology, hierarchical topology) keskussolmu on yhdistetty yhteen tai useampaan solmuun. Ensimmäinen solmu on ylimpänä hierarkiassa. Puutopologialla voidaan yhdistää myös tähtiverkkoja.

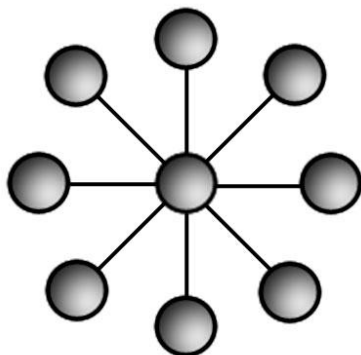


Kuva 6 Puumalli

#### 4.3.3 Tähtitopologia

Tähtitopologiassa laitteet yhdistetään keskuslaitteen (kytkin, keskitin) avulla. Kaikki viestintä kulkee keskuspuolesta kautta.

Täysi tähti ja aktiivinen tähti -topologiat ovat hyvin samankaltaisia, ja niiden ainoana erona on se, että aktiivisessa tähtitopologiassa kytkinten välinen liikenne on kanavoitu samoihin kuituihin sen sijasta, että jokaiselle asiakkaalle olisi varattu omat kuitunsa myös tällä matkalla. PON- topologia taas vastaa aktiivista tähteä, jossa viimeinen kytkin on korvattu passiivisella jaottimella.



Kuva 7 Tähtimalli

#### 4.4 Edut ja haitat

Seuraavassa selvitän optisen kuidun etuja sekä haittoja verrattuna kuparikaapeleihin. Edut ja haitat ovat seuraavat:

##### EDUT

- Kuitu ei johda eikä käytä sähköä, joten se on immuuni sähkömagneettisille häiriöille
- Optiseen kuituun eivät vaikuta myöskään radiotaajuiset häiriöt, mikroaaltotaajuudet eikä ydinsäteily
- Kuitu ei aiheuta ylikuulumista, joten salakuuntelun mahdollisuutta ei ole
- Kuitu on paloturvallinen eikä myöskään ime kosteutta itseensä
- Kuidun käyttöikä voidaan pitää todella korkeana, koska se kestää jopa 50 vuoteen asti
- Pienet siirtohäviöt ja pieni vaimennus mahdollistavat pitkät toistinvälit
- Suuret kaistanleveydet ja korkeat aallonpituudet takaavat suuren kapasiteetin
- Kaapeleiden kuljetus helppoa, koska ne ovat kevyitä
- Runkokuidut ovat pääosin maakaapelia joten ne ovat turvassa myrskyiltä sekä lumelta
- Maadoitusongelmia ei ole, koska galvaanista yhteyttä ei tarvita
- Kuidut sopivat tietoliikenneverkkojen kaikille tasoille ja tukevat hyvin uusia tekniikoita
- Kuidut mukautuvat hyvin kasvavaan kapasiteettitarpeeseen
- Niistä voidaan rakentaa luotettavia verkkoja
- Optiset siirtojärjestelmät ovat taloudellisia

##### HAITAT

- Kuitukaapeli ja siihen tarvittavat päätelaitteet ovat vielä kalliita
- Asennus ja ylläpito ovat haastavaa työtä ja siihen vaaditaan erityisosaamista
- Kuidut ovat mekaanisesti helposti vaurioituvaa, kun verrataan kupariin
- Taivutukset ja liitokset aiheuttavat vaimennusta

Edellä olevista kohdista nähdään kuinka hyvä hyötysuhde optisella kuidulla on. Juuri hyvän hyötysuhteensa takia optinen kuitu on ottamassa paikkaansa yhtenä eniten käytettynä kaapelointityyppinä.

## 4.5 Valopolut

Valopolut ovat yksityisiä, huippunopeudella varustettuja tietoliikenne yhteyksiä, jotka toteutetaan verkon optisella tasolla. Valopolun käyttäjä pystyy käyttämään kyseisen tietoliikenneyhteyden tiedonsiirtokapasiteettia täydellä teholla ja kokonaan itsellään.

Kyseinen yhteys voi vastata nopeudeltaan tuhansia tai jopa kymmeniä tuhansia kotitalouksien laajakaistayhteyksiä joten nopeus on huomattava.

Käytännössä verkon toteutus alkaa asiakkaan yhteydenotosta oman organisaationsa verkkoyhteydenpitoon tai kuten tässäkin projektissa suoraan operaattoriin, joka on Funet.

Valopolku on nopea, koska sillä ei ole muita käyttäjiä jakamassa yhteyden tiedonsiirtokapasiteettia. Tavanomaisella Internetin kautta toimivalla tietoliikenneyhteydellä asia on usein toisin, koska mitä useampi käyttäjä käyttää samaa yhteyttä, sitä hitaammin Internet-yhteys kullekin käyttäjälle toimii. Nopeuden lisäksi valopolku on myös hyvin tietoturvallinen. Toisin kuin Internetissä, muut verkon käyttäjät eivät voi tahallaan tai tahattomasti häiritä muiden yhteyksiä. Palomuuureja ei tarvita, jos valopolkuyhteyden molempien päiden osapuolet luottavat toisiinsa. Tämä säästää aikaa, vaivaa ja rahaa sekä yhteyden käyttäjiltä että ylläpitäjiltä.

Valopolut ovat joko omia DWDM- tai CWDM- aallonpituuksia, tai aallonpituudesta SDH aikajaotuksella erotettuja viipaleita. Esimerkiksi Internetin palvelunestohyökkäykset tai muut tietoturvahäiriöt eivät valopolkuihin vaikuta.

Seuraavassa esittelen eri valopolkutyyppit jotka on tärkeässä osassa tässä projektissa.

### 4.5.1 WDM

WDM on tekniikka, josta ensimmäiset maininnat löytyivät 1958 IEEE:n julkaisusta. Se on ollut käytössä puhelinverkoissa 80-luvulta lähtien mutta tietokoneverkoissa se on otettu käyttöön vasta 90-luvun puolivälissä.

WDM on tekniikka, jossa valon fysikaaliset ominaisuudet ovat tärkeässä osassa. Siinä lähetävä pää yhdistää eri aallonpituuksia käyttäviä kanavia yhdeksi signaaliksi ja lähettää siinä muodostuvan datan eteenpäin yhtä kaapelia pitkin. Vastaanottava pää taas suorittaa päin vastaisen toimenpiteen ja erittelee kanavat jälleen eri signaaleiksi. Sana WDM tarkoittaa siis sitä, että kaksi aallonpituutta on yhtä aikaa käytössä. Tämä tekniikka mahdollistaa jopa 40:n eri kanavan yhtäaikaista käytön ja kaikki menee yhtä kaapelia pitkin, josta jokainen kaapeli voi toimia 10 GB/s nopeudella. WDM:n kapasiteetti ja mahdollisuudet ovat siis massiiviset ja sen käyttö onkin yleistynyt paljon.

#### 4.5.2 DWDM

DWDM on kehittyneempi versio WDM tekniikasta ja se tarjoaa paljon suurempia siirtokapasiteetteja, joista ei voitu edes haaveilla WDM:n aikaan. Verrattuna WDM:ään DWDM pystyy käyttämään yli kahta aallonpituutta kerrallaan. DWDM:n hienoin ominaisuus on, että se pystyy käyttämään jo voimassa olevaa optista verkkoa hyväkseen ja ainoastaan varsinainen verkkolaitteisto joudutaan uusimaan. On selvää, että tämä pudottaa kustannuksia hurjasti verkon uusimista mietittäessä ja verrattaessa muihin tarjolla oleviin vaihtoehtoihin. DWDM on yleistynyt paljon myös lähiverkoissa ja sen kehityksessä on ollut tärkeänä osana pari lisälaitetta.

ADM on laite joka mahdollistaa 1-4 kanavan poimimisen tai lisäämisen yhteiseen signaaliin häiritsemättä muita käytössä olevia signaaleja millään tavoin. Toinen tärkeä laite on EDFA, joka vahvistaa optista signaalia lisäämällä kaapeliin fotoneja. Tällä tavoin signaalia voidaan vahvistaa ilman kalliita regeneraattoreita.

#### 4.5.3 CWDM

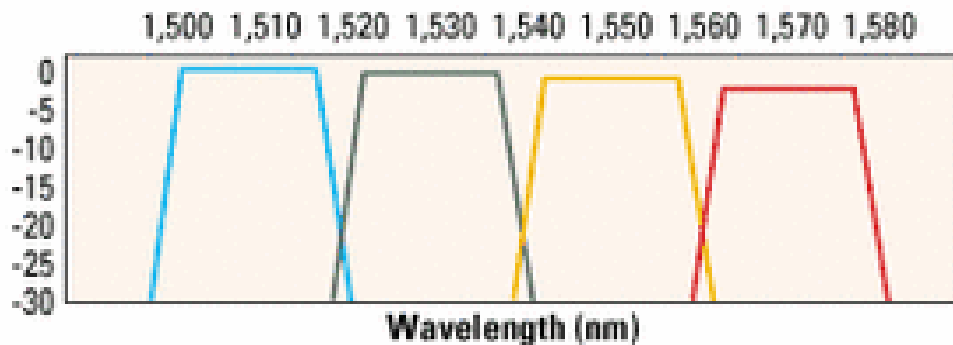
CWDM eli karkea aallonpituuskaistanjako liittyy kaupunki- ja paikallisverkkoihin. Sen etuja ovat halvat kuitulinkin komponentit ja se on teknisesti yksinkertaisempi eikä kuidulle aseteta erityisominaisuuksia. Verrattuna DWDM laserlähettimen hintaan CWDM laitteet ovat jopa 30 % edullisemmat. Tällä hetkellä voimassa olemassa olevista systeemeistä on yleensä 4 aallonpituuskanavaa ja jokainen toimii 2.5 Gb/s nopeudella. Aallonpituuskanavien reititys ulos ja takaisin CWDM-kuitulinjaan tapahtuu kuten DWDM sekä WDM järjestelmissä, jotka selvitettiin aiemmin työssä. Rajoittavia tekijöitä ovat kuitenkin seuraavat: dispersion suuruuserot aallonpituusalueella, bittinopeuden alhainen maksimiarvo, pieni aallonpituuskanavien lukumäärä ja suuri vaimennustekijä.

Dispersion ja vaimennuksen takia maksimipituutena voidaan pitää noin 60 kilometriä. Juuri kustannustehokkuutensa ansiosta CWDM:n käyttö tulee lisääntymään tulevaisuudessa.

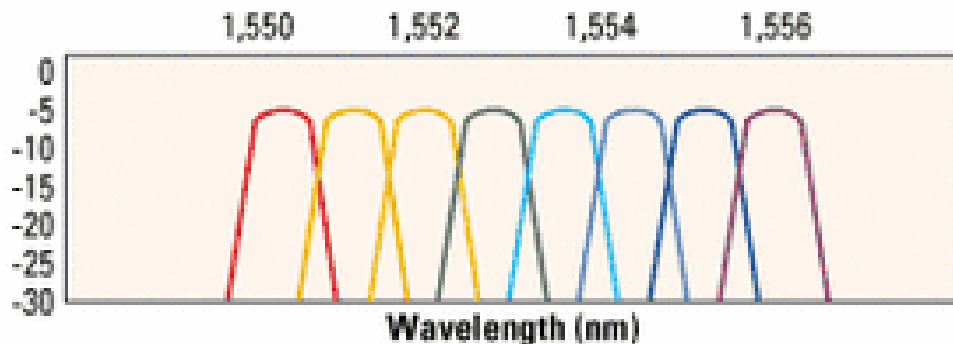
Tässä ovat yleisimmät valopolku vaihtoehdot mutta näiden lisäksi on olemassa vielä UWDM eli ultratiheä kanavajako mutta tällä hetkellä ITU- standardit pyrkivät määrittelemään sitä joten se on vielä avoin ja määrittelemätön.

## Coarse vs. dense wavelength demultiplexers

Typical transmittance for a four-channel coarse wavelength demultiplexer



Typical transmittance for an eight-channel dense wavelength demultiplexer



KUVA 8. CWDM ja DWDM- taajuuksien vertailu.

LÄHDE: [www.lightwaveonline.com/](http://www.lightwaveonline.com/)

### 4.6 Optisten kuitujen standardit

Optiset kuidut kuuluvat yleiskaapelointistandardiin EN 50173-1. Monimuotokuidut jaetaan kolmeen kategoriaan: OM1, OM2 JA OM3. Monimuotokuitujen käyttö rajoittuu toimitilakiinteistöjen yleiskaapelointiin, jossa niitä voidaan käyttää kiinteistöjen sisäisiin lähiverkkoyhteyksiin.

Ensimmäiseksi käsitellään kategorian OM1, joka on mitoiltaan tyypillisesti 62,5/125  $\mu\text{m}$  (ydin/kuori) ja on tunnettu Suomessa aiemmin merkinnällä GK. Kategorian OM2 mitat ovat 50/125  $\mu\text{m}$ , ja se on aiemmin tunnettu nimellä GI. Kategorian OM3 mitat ovat aina 50/125  $\mu\text{m}$ . Kategorioiden OM1, OM2 JA OM3 monimuotokuiduille on määritetty standardissa maksimivaimennus ja minimikaistanleveys. Kyseiset arvot on esitetty seuraavissa taulukoissa.

TAULUKKO 1 Yleiskaapeloinnin monimuotokuitujen optiset vaatimukset

Kategoria ytimen/kuoren halk.	Vaimennus enintään dB/km		Kaistanleveys, vähintään MHzxkm		
			LED-lähetin		Laser- lähetin
	850 nm	1300 nm	850 nm	1300 nm	850 nm
OM1	3,5	1,5	200	500	Ei spesifioitu
OM2	3,5	1,5	300	500	Ei spesifioitu
OM3	3,5	1,5	1500	500	2000

Yksimuotokuidut ovat jaettu yleiskaapelointistandardissa kahteen kategoriaan: OS1 ja OS2. Näistä OS1 vastaa ITU-T:n kuitutyypppejä G.652. A ja G.652. B ja OS2 vastaa tyypppejä G.652. C ja G.652.D. Seuraavassa taulukossa (Taulukko 2) on esitetty yksimuotokuitujen optiset vaatimukset:

TAULUKKO 2 Yleiskaapeloinnin yksimuotokuitujen optiset vaatimukset

Kategoria	Vaimennus enintään dB/km			Raja-aallonpituus enintään nm
	1310 nm	1383 nm	1550 nm	
OS1	1,0	Ei määritelty	1,0	1260 nm
OS2	0,4	0,4	0,4	1260 nm

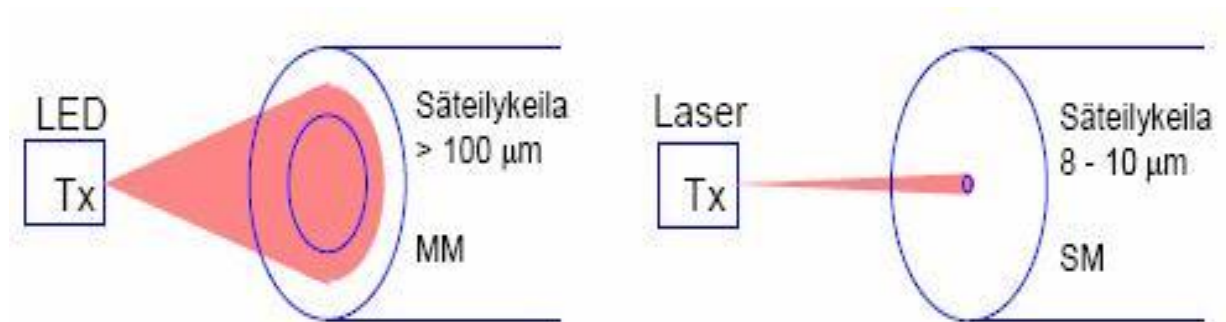
(Koivisto 2009, 25 - 30)

#### 4.6.1 Optisten kuitujen laitteet

Optisten kuitujen toimimiseen ja käytettävyyteen vaikuttaa monia erilaisia laitteita, joista muutamia esitellään seuraavassa kohdassa.

#### 4.6.2 Lähettimet

Lähtimen tehtävänä on muuttaa sähköinen signaali valon muotoon ja syöttää se optiseen kuituun. Puolijohdetekniikkaan perustuvia LED- ja laserkomponentteja käytetään lähetinkomponentteina. Komponenttien välillä on eroja, joista tärkeimmät ovat laserin suurempi lähtöteho, kapeampi spektri ja pienempi nousuaika. LED-lähteet sopivat paremmin lyhyemmille siirtoetäisyyksille ja pienemmille siirtonopeuksille, ja siksi niitä käytetään monimuotosovelluksissa. Pidemmille yhteyksille ja suuremmille nopeuksille yksimuotokuitusovelluksiin kannattaa käyttää laser - tekniikkaa.



KUVA 9. Laser ja LED-tekniikka.

#### 4.6.3 Vastaanotin

Vastaanottimen ilmaisinkomponentteina käytetään PIN-diodeja ja vyöryvalodiodeja (APD). Ilmaisinkomponentti muuntaa vastaanotetun valosignaalin sähköiseen muotoon jatkoa varten. Vastaanottimen tärkeimpiä ominaisuuksia ovat sen herkkyys ja dynamiikka. Herkkyys tarkoittaa sitä pienintä optista tehoa, jolla saavutetaan riittävä ja virheetön toiminta. PIN-ilmaisimen herkkyys on yleensä -55...-40 dBm ja APD-ilmaisimen -65...-40 dBm. Herkkyys on riippuvainen käytettävästä siirtonopeudesta.

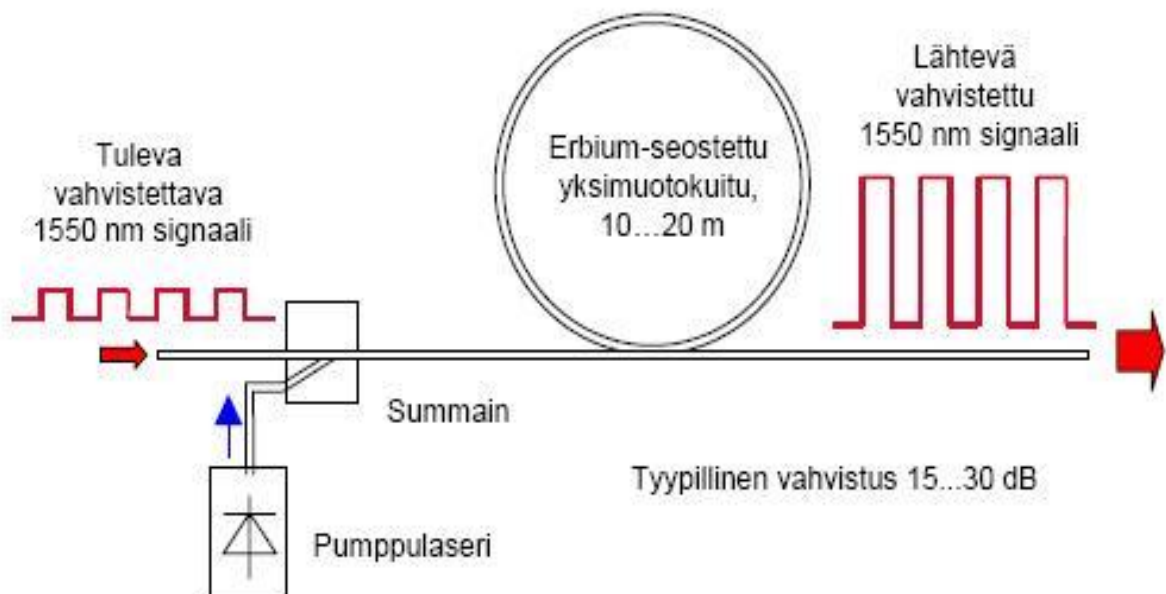
Dynamiikka puolestaan ilmoittaa sen tehoalueen, jolla vastaanotin toimii riittävän virheettömästi. Tapauksissa, jossa vastaanottimen dynamiikka ei toimi riittävän hyvin, joudutaan käyttämään ylimääräisiä vaimentimia lyhyillä yhteyksillä.

#### 4.6.4 Optinen vahvistin

Nimensä mukaisesti optinen vahvistin vahvistaa optisen signaalin suoraan valon muodossa muuttamatta sitä välillä sähköiseen muotoon. Vahvistimia käytetään kompensoimaan vaimennusta, joka syntyy pitkillä siirtoetäisyyksillä tai passiivisissa optisissa komponenteissa.

Tärkeimmät sovellukset ovat merikaapelijärjestelmät, pitkät runkoverkon yhteydet, CATV, optinen liityntäverkko (kuitu kotiin), kuitututkan sovellukset ja pitkän kuidun mittaukset. Nykyisin vahvistimet ovat ns. kuituvahvistimia. Niiden toiminta perustuu erbiium-seostettuun kuituun ja pomppulaseriin, jolla vahvistavan kuidun elektronit saadaan viritystilaansa. Viritystilan laukaisee vahvistettava signaali, jolloin viritysentergia vapautuu ja hyötysignaali vahvistuu.

Vahvistimet toimivat 1550 nm aallonpituuksilla. Vahvistus taas riippuu vahvistimen rakenteesta ja siihen tulevan signaalin tulotasosta. Tyypillisenä vahvistuksena pidetään 15 - 30 dB. Vahvistimen lähtötaso voi olla jopa +20 dB mutta näin suuret tehotasot saavat aikaan epälineaarisia ilmiöitä, jotka on otettava huomioon järjestelmäsuunnittelussa.



KUVA 10. Optisen vahvistimen periaate.



#### 4.6.5 Toistin

Toistin (Kuvat 11 ja 12) on tietoliikennetekniikassa käytetty verkon komponentti, joka ottaa signaalin vastaan ja lähettää sen edelleen muuttamattomana. Toistin toimii OSI-mallin kerroksella yksi (fyysinen kerros). Toistimen avulla voidaan esimerkiksi pidentää kaapeloinnin pituutta. Kaksiporttisten toistinten lisäksi käytetään *moniporttitoistimia*, jotka ottavat signaalin vastaan yhdestä tulosta, portista ja lähettävät sen edelleen jokaiseen porttiin. Niitä käytetään keskittiminä (*hub*), joilla voidaan koota verkon liikenne yhteen paikkaan.



KUVA 11. Toistin.

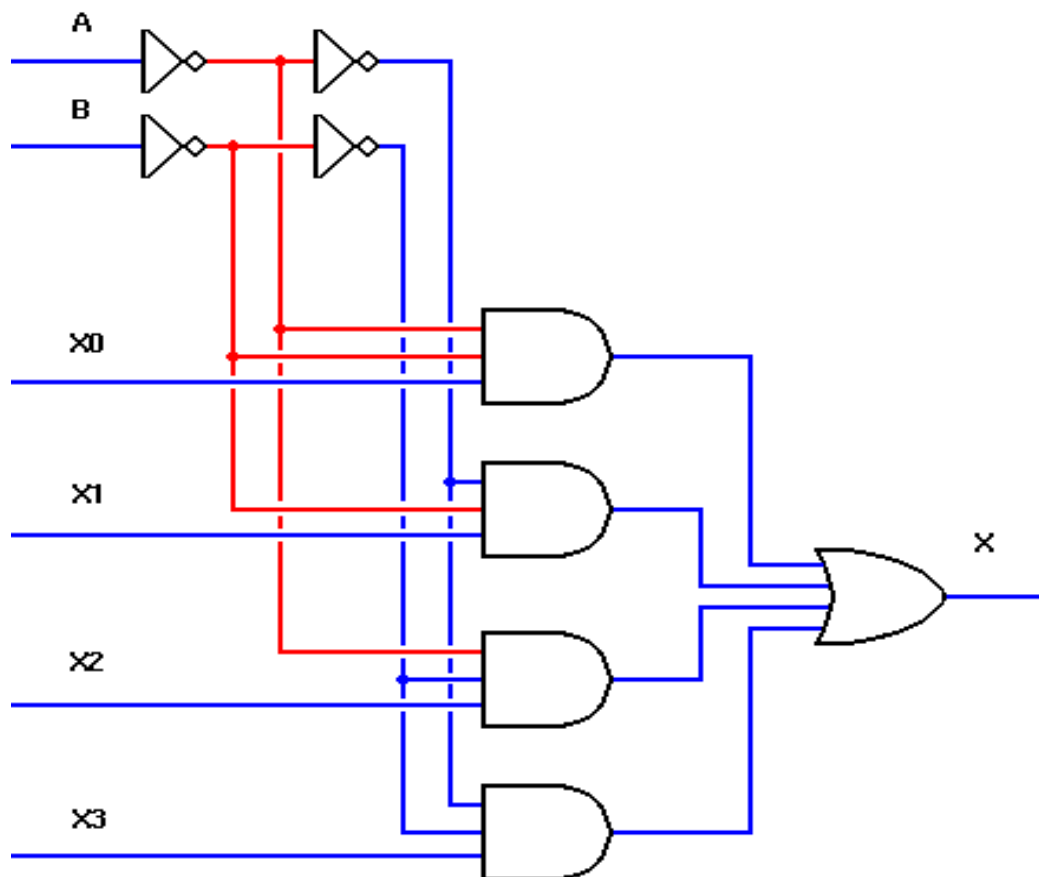


KUVA 12. WLAN-Toistin.

LÄHDE: Gigaset

#### 4.6.6 Multiplexeri

Multiplexeri eli lyhyemmin Mux on tietoverkkolaite, jonka tekniikasta mainittiin jo luvussa 4.5. Mux pystyy vastaanottamaan useita eri signaaleja ja muuntamaan ne yhdeksi signaaliksi, jonka se lähettää eteenpäin. Mux vähentää myös käytettävissä olevia laitteita, koska se pystyy käsittelemään monia signaaleja eikä tarvitse käyttää jokaiselle tulevalle signaalille omaa laitetta. Tietoverkkoratkaisuissa Mux on erittäin suositeltava ja kätevä ratkaisu sen tiputtaessa kuluja selkeästi verrattuna muihin vaihtoehtoihin. Seuraavassa kuvassa (Kuva 13) esitellään multiplexerin toimintaperiaate.

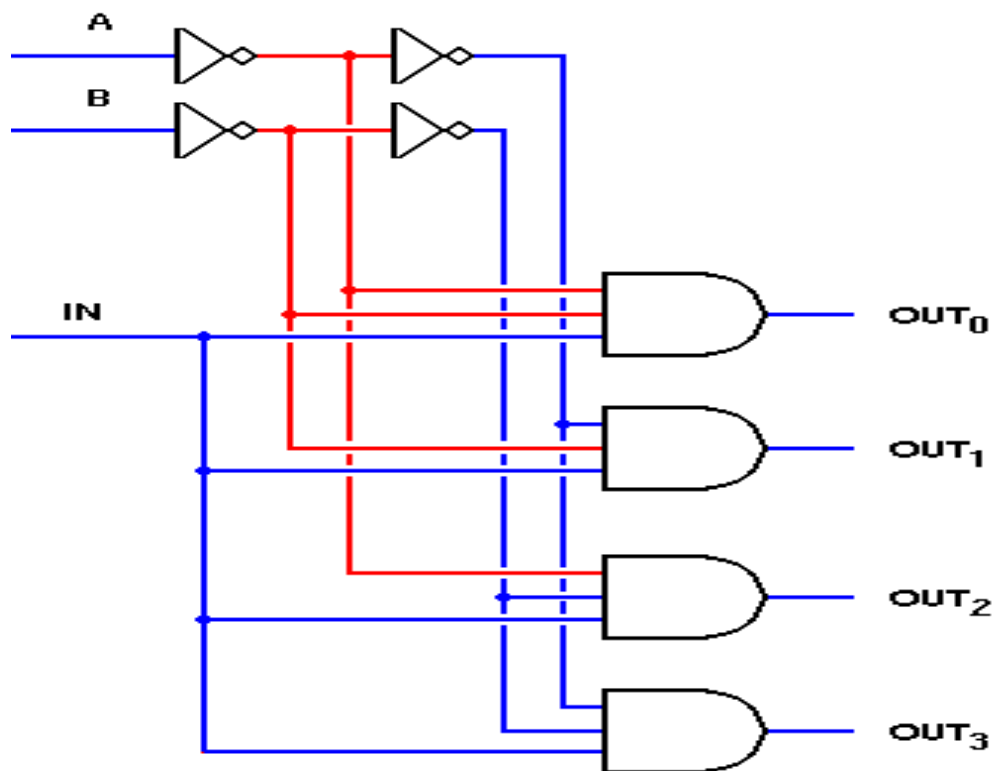


KUVA 13. Multiplexerin toimintaperiaate.

LÄHDE: Google-kuvahaku, hakusana Multiplexer

#### 4.6.7 Demultiplexeri

Demultiplexeri tai lyhyemmin Demux on kuten nimestä voi päätellä päinvastainen laite verrattuna multiplexeriin. Demux jakaa siihen tulevat signaalit useampaan osaan jatkoa varten. Käytettäessä sekä muxeja ja demuxeja saadaan tietoverkosta selkeä ja kustannuksiltaan kohtuullinen kokonaisuus. Demultiplexerin toimintaa esitellään alhaalla olevassa kuvassa (Kuva 14).



KUVA 14 Demultiplexerin toimintaperiaate

LÄHDE: Google-kuvahaku, hakusana demultiplexer

## 4.7 Kaapelointitekniikat

Erilaisiin paikkoihin tarvitaan erilaiset kaapelointitekniikat jotta kaapelointi olisi mahdollista. Seuraavassa esitellään lyhyesti 4 erilaista kaapelointityyppiä joita kaapeloinnissa tarvitaan.

### 4.7.1 Aluekaapelointi

Aluekaapelointi on aluejakamon ja yhden tai useamman talojakamon välinen kaapelointi. Alue- ja talojakamot sijaitsevat yleensä eri rakennuksissa. Aluekaapeloinnissa suositellaan käytettäväksi 62,5/125  $\mu\text{m}$  (GK) monimuotokuitua tai yksimuotokuitua (SM). Ensisijainen optinen liitintyyppi on SC tai kaksois-SC eli SC-D.

### 4.7.2 Nousukaapelointi

Nousukaapelointi on talojakamon ja yhden tai useamman kerrosjakamon välinen kaapelointi. Keskinopeaa ja nopeaa dataa varten suositellaan käytettäväksi 62,5/125  $\mu\text{m}$  (GK) monimuotokuitua tai yksimuotokuitua (SM). Puhetta ja hidasta dataa varten voidaan käyttää 100  $\Omega$  parikaapelia. Nousukaapeloinnin enimmäispituus on 500 m, eikä siinä käytetä jatkoksia.

### 4.7.3 Kerroskaapelointi

Kerroskaapelointi on kerrosjakamon ja yhden tai useamman työpisterasian välinen, ilman jatkoksia toteutettu kaapelointi. Kaapeloinnissa suositellaan käytettäväksi kategorian 5 100  $\Omega$  parikaapelia tai 62,5/125  $\mu\text{m}$  (GK) monimuotokuitua tarpeen niin vaatiessa. Kerroskaapeloinnin enimmäispituus on 90 m kaapelityypistä riippumatta.

### 4.7.4 Keskitetty optinen kaapelointi

Kuidun tullessa kerroskaapelointiin koko yleiskaapeloinnin hierarkiaperiaate asettuu uuteen valoon. Kaapelointi on sellainen, että työpisteet on kaapeloitu optisella kuidulla keskitetysti yhdestä tai muutamasta pisteestä joten aktiivisia laitteita on vain näissä pisteissä. Kerroksissa on kuitujakamoita, joissa on kuitujatkoksia, mutta ei aktiivisia laitteita. Kerros- ja nousukaapeloinnin raja hämärtyy. Keskitetty optinen kaapelointi ei sovellu kaikkiin kiinteistötyyppeihin.

Kaapelointi voidaan tehdä yhtenäisellä, ilman jatkoksia olevalla kaapeloinnilla. Tässä tapauksessa kaapelointipituus voi olla enintään 90 m. Kerrosjakamoissa käytetään jatkosta tai ristikytkentää ja silloin kaapeloinnin kokonaispituus saa olla 300 m, josta kerroskaapeloinnin osuus voi olla enintään 90 m. Keskitetyssä optisessa kaapeloinnissa käytetään 62,5/125 µm (GK) tai 50/125 µm (GI) monimuotokuitua.

Keskitetty optinen kaapelointi on suunniteltu siten, että gigabittisovellutusten toiminta varmistetaan jakamoissa ja työpisterasioissa. Standardi määrittelee käytettäväksi SC-D – liittimiä.

## 5 MUU KÄYTETTÄVÄ LAITTEISTO

### 5.1 Kytkimet

Kytkin on yksi tietoverkon yleisimmistä käytössä olevista laitteista. Se on laite, joka yhdistää pakettikytkentäisen paikallisverkon osia toisiinsa. Kytkimen toiminta perustuu moniporttiseen siltaukseen, joka mahdollistaa fyysisen sekä tähtimäisen rakenteen. Kytkin korvaa usein keskittimen eli hubin, koska se välittää liikennettä tehokkaammin.

Kuten aiemmin mainitsin kytkin yhdistää paikallisverkon osia toisiinsa kuten Ethernet tai Token Ring verkoissa, jotta saadaan muodostettua yhtenäinen OSI-mallin kerroksen kaksi (siirtoyhteys) mukainen verkko.

Paketin saapuessa kytkimelle, kytkin ottaa saapuvan paketin MAC-osoitteen ja portin kytkimen osoitetauluunsa. Seuraavassa vaiheessa kytkin vertaa paketissa olevaa vastaanottajan MAC-osoitetta osoitetauluun ja lähettää paketin eteenpäin ja sijoittaa sen oikeaan porttiin. Tapauksessa jossa vastaanottajan osoitetta ei löydy taulusta, tai kyseessä on niin sanottu yleislähetys- tai ryhmälähetys- paketti, kytkin lähettää paketin kaikkiin portteihin. Vastaanottajan portin ollessa sama kun lähettäjän, paketti hävitetään. Kytkimien ansiosta on mahdollista käyttää ns. Full-duplex- liikennöintiä, joka tarkoittaa kaksisuuntaisuutta. Jokaisella portilla on näin ollen oma kaistansa ja tämä mahdollistaa paremmat nopeudet. Kytkimien taustaväylän nopeus kuitenkin yleensä rajoittaa nopeuksia. Tähän on poikkeuksena ns. wire-speed-kytkimet joissa ongelmaa ei ole.

### 5.1.1 CISCO 6509

Ciscon 9-porttinen reititin (Kuva 15), joka tarjoaa suuret porttitiheydet jotka ovat ideaalisia moniin eri käyttötarkoituksiin kuten runkoverkkoihin ja datajakamoihin. Cisco 6509:n tärkein ominaisuus on se, että se tukee kaikkia 6500 sarjan moduuleita kuten:

- Nopeat Ethernet moduulit
- Nopeat Gigabit Ethernet moduulit
- 10 Gigabit Ethernet moduulit
- Jaetut portti adapterit

Reitittimen tukema maksimi virtalähde on niinkin iso kun 6000W, joten se kattaa suuren osan IEEE802.3af laitteista. Laite tarjoaa myös maksimaalisen käyttöajan sekä viansietoisuuden.



Kuva 15. Cisco 6509.

### 5.1.2 JUNIPER EX4200

Juniper EX - sarjan kytkimet edustavat uutta verkkotyöskentelyn aikakautta. EX-tuoteperhe on suunniteltu erityisesti palveluntarjoajille ja operaattoreille, koska Juniper EX – sarjan laitteet tarjoavat korkean suorituskyvyn ja vastaavat kaikkein yksilöllisimpiin haasteisiin. Sarjan tuotteet ovat helposti käyttöönotettavissa ja hallittavissa, mikä taas mahdollistaa tehokkaampien, joustavimpien ja luotettavimpien verkkojen rakentamisen ja ylläpidon.

Laite sisältää JUNOS - käyttöjärjestelmän, joka takaa korkean suorituskyvyn lisäksi uusien ominaisuuksien ja sovellusten käyttöönoton. Juniper Networksin kytkin käyttää ns. Virtual Chassis - tekniikkaa, jonka avulla voidaan kytkeä kaksi tai useampi laite yhteen ja käyttää niitä yhtenä suurena kokonaisuutena. Kyseinen ominaisuus mahdollistaa yli 128 Gb/s nopeuden,

joten näin voidaan muodostaa suuriakin verkkokokonaisuuksia. Juniper EX4200 (Kuva 16) ominaisuuksia ovat mm. seuraavat:

- Ylimääräiset sisäiset virtalähteet jotka voidaan tarvittaessa vaihtaa uusiin
- Tehokkaat tuulettimet, jotka sisältävät useamman puhaltimen
- Perusmallissa on luokan 3 PoE, joka tarjoaa 15,4 watin tehon kahdeksalle ensimmäiselle portille tukeakseen verkkolaitteita kuten puhelimia, videokameroita ja langatonta verkkoa
- Saatavilla myös täysi PoE –tuki, joka tarjoaa 15,4 wattia jokaiselle 24:lle tai 48:lle portille



KUVA 16 Juniper EX4200

LÄHDE: Juniperin materiaali

### 5.1.3 JUNIPER MX240

Juniperin M-sarjan monipalvelin (Kuva 17) taas yhdistää markkinoiden parhaat IP/MPLS-ominaisuudet, vertaansa vailla olevaan luotettavuuteen, stabiilisuuteen, turvallisuuteen ja palveluvalikoimaan. Nämä reititinalustat mahdollistavat useiden verkkojen yhdistämisen IP/MPLS- infrastruktuuriin. Nämä reititin järjestelmät yhdistävät rauta-alustapohjaisen ratkaisun hyvin skaalautuvaan JUNOS-ohjelmistoon. Tämä mahdollistaa usean palvelun samanaikaisen käytön.



KUVA 17. Juniper MX240.

LÄHDE: Juniperin materiaali



#### 5.1.4 JUNIPER SRX3000

Juniperin SRX -sarja (Kuva 18) ja (Kuva 19) on ns. järeämpi sarja, joka sopii suurten yritysten ja palveluntarjoajien vaativimpiin tarpeisiin. Sarja rakentuu kehikkopohjaisesta rungosta, verkkokorteista sekä prosessointikorteista, jotka määrittävät sen kapasiteetin.

Prosessointikortteja lisäämällä saadaan jatkossa joustavasti kasvatettua palomuri/VPN:n välityskykyä tai uusia ominaisuuksia. Uusi rakenne mahdollistaa vaihtoehtoisesti suuren verkkoliitäntämäärän vähemmällä prosessointikorteilla jos, tärkeintä ei ole välityskyky vaan liitettävyys. 3000-sarjasta löytyy kaksi erilaista runkovaihtoehtoa, joiden erona on moduulipaikkojen määrä. 3000-sarja skaalautuu aina 40 Gb/s nopeuksiin asti.



KUVA 18. Juniper SRX3400.

LÄHDE: Juniperin materiaali



KUVA 19. Juniper SRX3400.

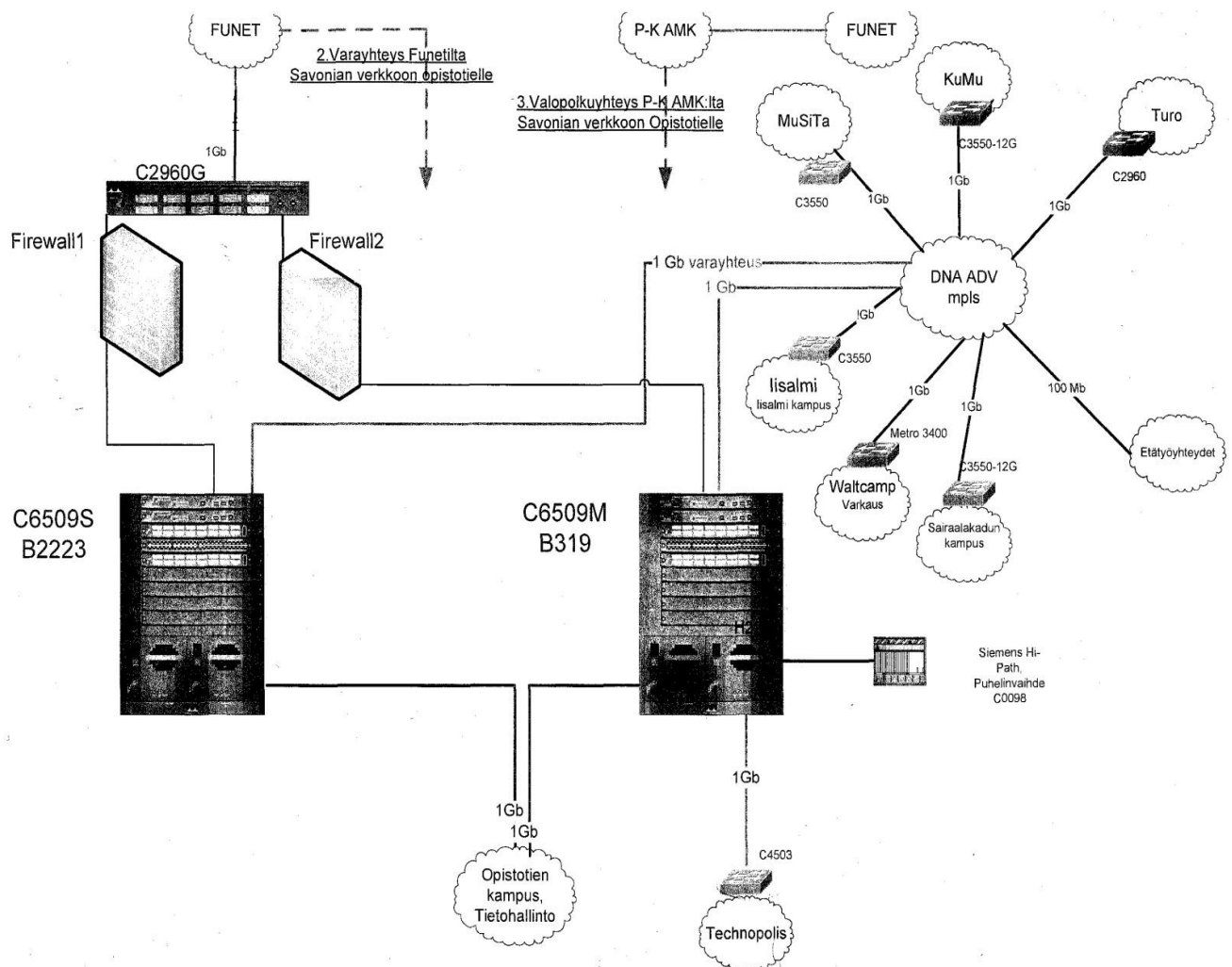
LÄHDE: Juniperin materiaali

## 6 SAVONIA-AMMATTIKORKEAKOULUN TIETOVERKKO

### 6.1 Tietoverkon rakenne

Seuraavassa esitellään hieman tietoverkon nykyistä tilannetta, johon uudet valokuituyhteydet ovat tulossa. Kuvassa (Kuva 20) näkyy alhaalla Opistotien Kampus. Nykyinen verkon nopeus on siis 1 Gb/s, joka olisi tarkoitus saada nostettua nopeuteen 10 Gb/s. Tämä uusi nopeus vastaa nykyajan kasvaneita verkkovaatimuksia paljon paremmin ja antaa mahdollisuuden uusien sovelluksien käytölle. Opistotieltä yhteys menee Ciscon 6509 kytkimen kautta ja palomuurin läpi operaattorille, joka on tässä tapauksessa Funet. Operaattorilta lähtee myös varayhteys Opistotielle mikäli pääyhteys on jostakin syystä poikki.

Kuvasta näkyy myös muiden yksiköiden yhteydet ja niiden käyttämä operaattori.



KUVA 20. Verkon rakenne.

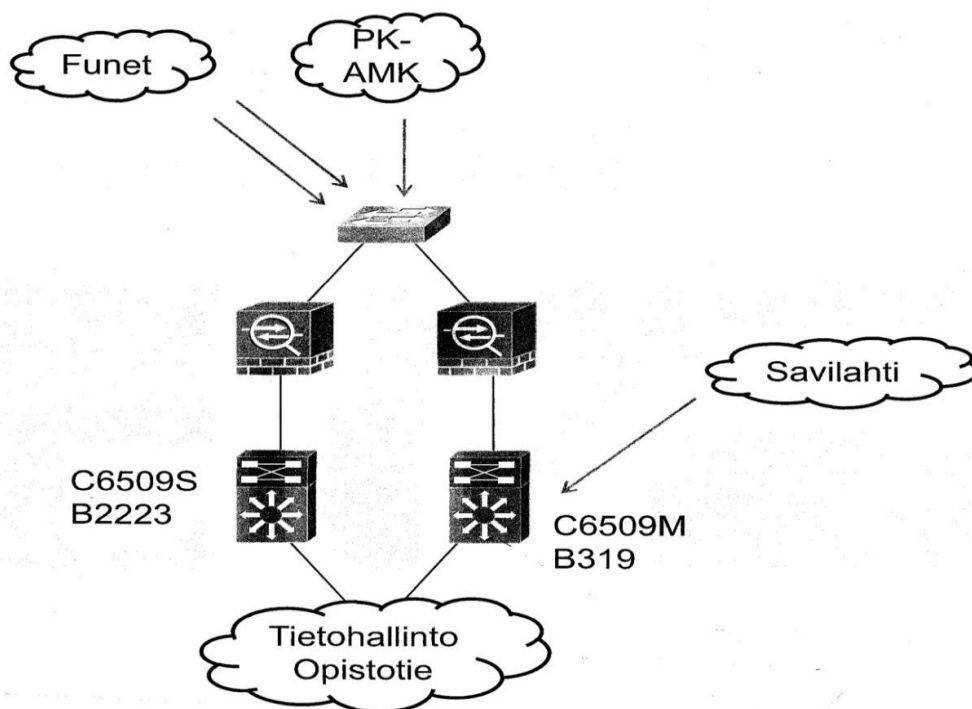
LÄHDE: Savonia-ammattikorkeakoulu: Tietohallinnon materiaali  
6.2 Suunnitelmat

Usein verkon suunnitteluvaiheessa tulee vastaan monia käyttökelpoisia vaihtoehtoja, joista pitää valita kaikkein sopivin kyseiseen kohteeseen. Ennen toteutusta tulee miettiä kaikkien osa-alueiden paras mahdollinen toimivuus. Tärkeitä kriteerejä ovat kustannukset, toteutuskelpoisuus, käyttötarkoitus ja käytettävyys. Varsinkin oppilaitoksissa pitää kustannukset ottaa tarkasti huomioon. Oppilaitoksilla ja kouluilla yleensä ei rahaa ole tuhlettavaksi, joten pitää valita mahdollisimman huokea mutta silti toimiva ratkaisu. Laitehankinnat kannattaakin suunnitella hyvin ja huolella, koska ne voivat säästää koululle paljon rahaa.

Seuraavassa esitellään työssä esiintyneet suunnitelmat, jotka olivat kaikki toteutuskelpoisia. Lisäksi esitellään lopullinen ratkaisu jolla verkko lopulta toteutettiin.

### 6.2.1 Vaihtoehto 1

Ensimmäisenä vaihtoehtona suunnittelussa ehdotettiin kuvassa olevaa järjestelmää (Kuva 21). Siinä Opistotieltä menisi valokuituyhteydet Ciscon 6509-kytkimien kautta Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoululle. Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoululle yhteydet saadaan yhteiseltä operaattorilta, joka on tässä tapauksessa Funet. Yhteyksien välillä on käytössä palomuurit tietoturvan maksimoimiseksi. Kuvassa oleva Savilahden kampus otettiin pois sen rakentamisen siirtyessä myöhempään ajankohtaan.

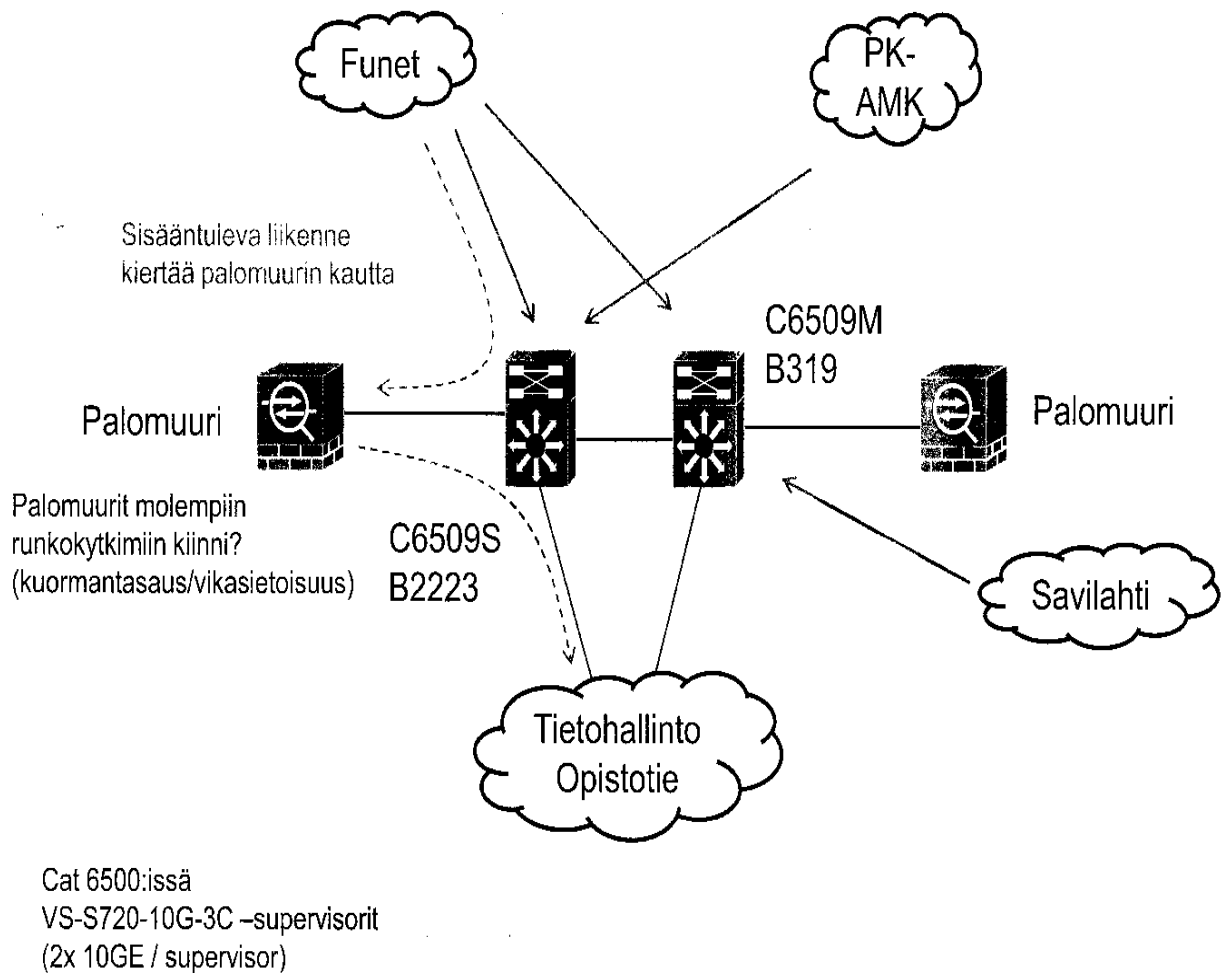


KUVA 21. Vaihtoehto 1.

### 6.2.2 Vaihtoehto 2

Toisessa vaihtoehdossa Funetin tarjoama valopolkuyhteys menisi molempiin Ciscon kytkimiin ja Opistotien kampus liittyisi suoraan niihin. Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulu ja Savilahden kampus taas liittyisivät suoraan vain toiseen kytkimeen. Kuvan (Kuva 22) vasemmassa reunassa näkyvä palomuuri suodattaisi saapuvaa liikennettä.

Suunnitelmissa oli myös kytkeä toiseen päähän palomuuri ja molemmat runkokytkimet olisivat palomuurin takana. Tämä lisäisi tietoturvaa huomattavasti, mutta tämä lisäisi vikojen määrää ja palomuurien kuormitusta olisi jaettava tasaisesti.



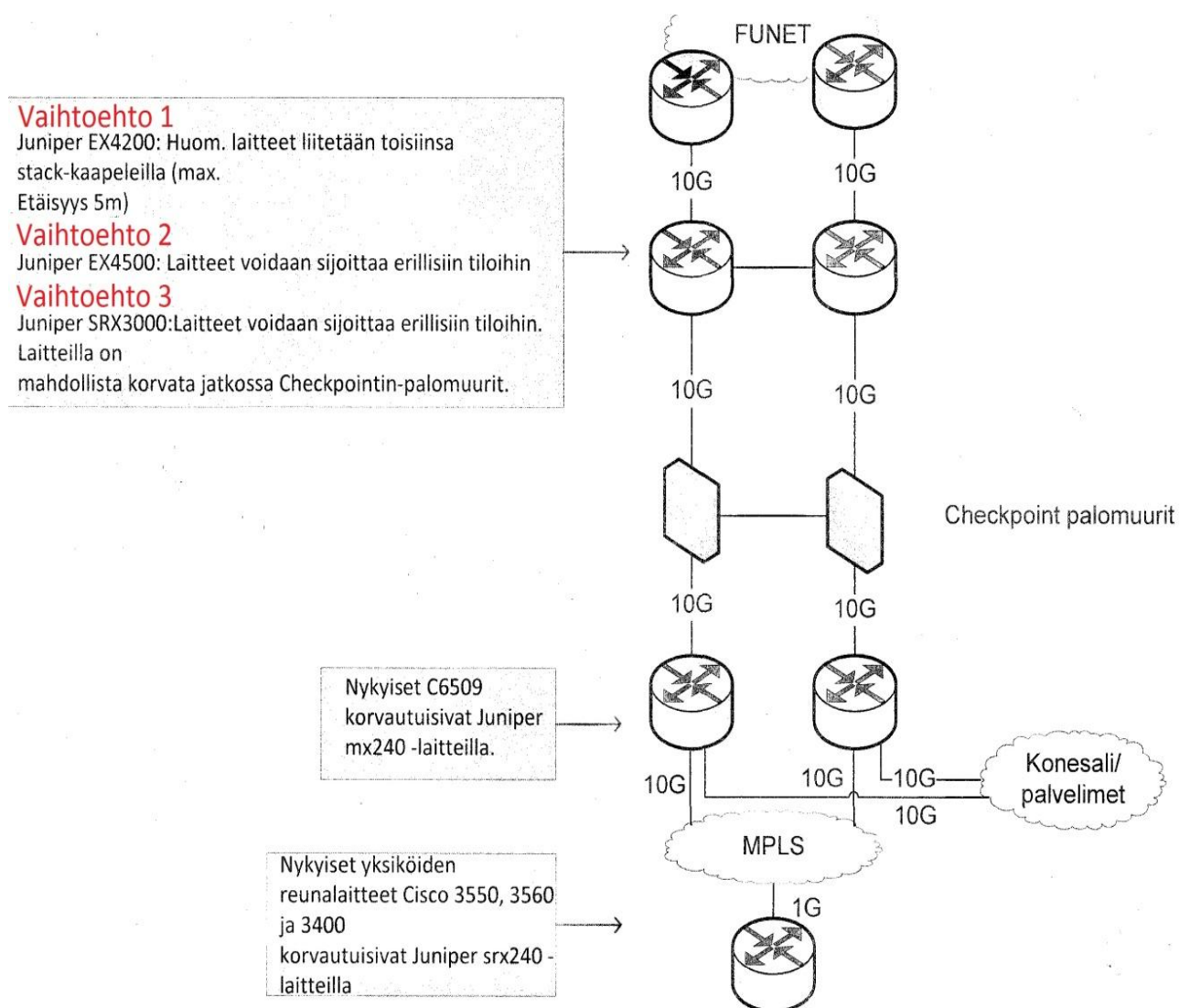
KUVA 22. Vaihtoehto 2.

LÄHDE: Savonia-ammattikorkeakoulu: Tietohallinnon materiaali

### 6.2.3 Vaihtoehto 3

Kolmantena vaihtoehtona valokuituyhteyksien rakentamiseen ehdotettiin kuvassa olevaa kokonaisuutta (Kuva 23). Siinä koulun jo olemassa olevat Ciscon tietoverkkolaitteet korvattaisiin Juniperin verkkolaitteilla. Juniperin verkkolaitteita esiteltiin luvussa 5. Tämä vaihtoehto olisi aiheuttanut sen, että suurin osa laitteistosta olisi laitettava uusiksi ja se vaatisi enemmän töitä. Toinen ongelma oli järjestelmän uusimisen kustannukset, jotka nousisivat tässä vaihtoehdossa kohtuuttoman korkeiksi.

Näiden seikkojen takia kyseinen vaihtoehto unohdettiin ja keskityttiin muihin ehdotuksiin.



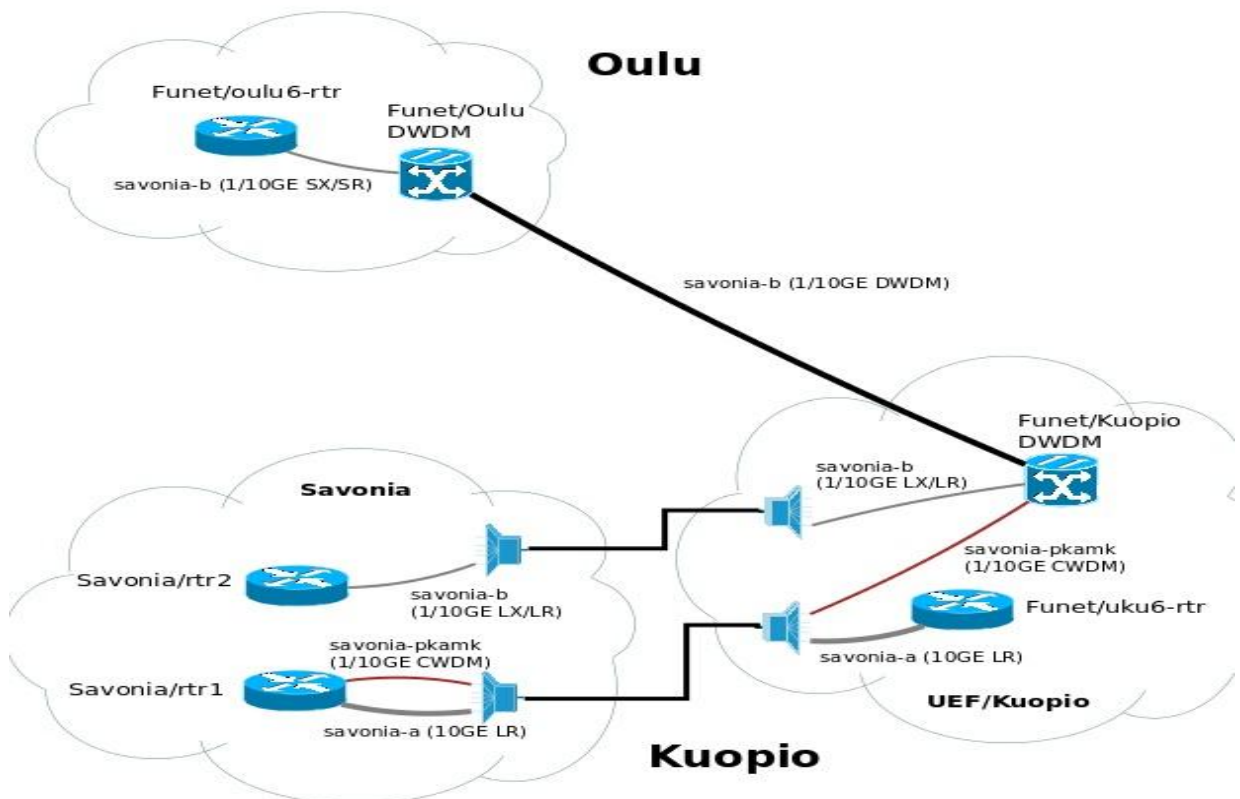
KUVA 23. Vaihtoehto 3.

LÄHDE: Savonia-ammattikorkeakoulu: Tietohallinnon materiaali

### 6.3 Varayhteys

Kuten aina tietoverkoissa niin myös tässä tapauksessa on oltava ongelmien ja verkkoyhteyksien katkeamisen varalta varayhteys, jota voidaan käyttää tarvittaessa. Tämä varmistaa sen, että verkon käyttö jatkuu eikä kaikki ole yhden yhteyden varassa. Savonian varayhteys tulee olemaan kuvan (Kuva 24) mukainen. Varayhteys menee Oulun kautta ja siihen käytetään valokuituyhteyksien sijaan tavallista kuituparilla toteutettavaa kokonaisuutta.

Kuvassa oikeassa reunassa näkyy palveluntarjoaja eli Funet josta menee kuituyhteys (1/10GE LX/LR) Savonian päähän. Yhteys Funetin ja Oulun välillä on DWDM-valokuituyhteys. Savonian ja Funetin välissä käytetään multiplexereitä ja demultiplexereitä, jotka esiteltiin aiemmin luvussa 4.5. Näin saadaan jaettua yhteys tarvittaessa useampaan osaan. Varayhteyden nopeusluokka on myös 10Gbit joten sitä käytettäessä nopeus ei edes putoa pääyhteyden nopeudesta. Näin saadaan varayhteydenkin suorituskyky kymmenkertaistettua aiempaan verrattuna.



KUVA 24. Savonian vara- ja pääyhteys.

LÄHDE: Savonia-ammattikorkeakoulu: Tietohallinto

## 6.4 Toteutus

Olen tullut työssäni siihen vaiheeseen, että on aika käydä läpi kaikkien vaihtoehtojen jälkeen lopullinen versio jolla verkko toteutetaan.

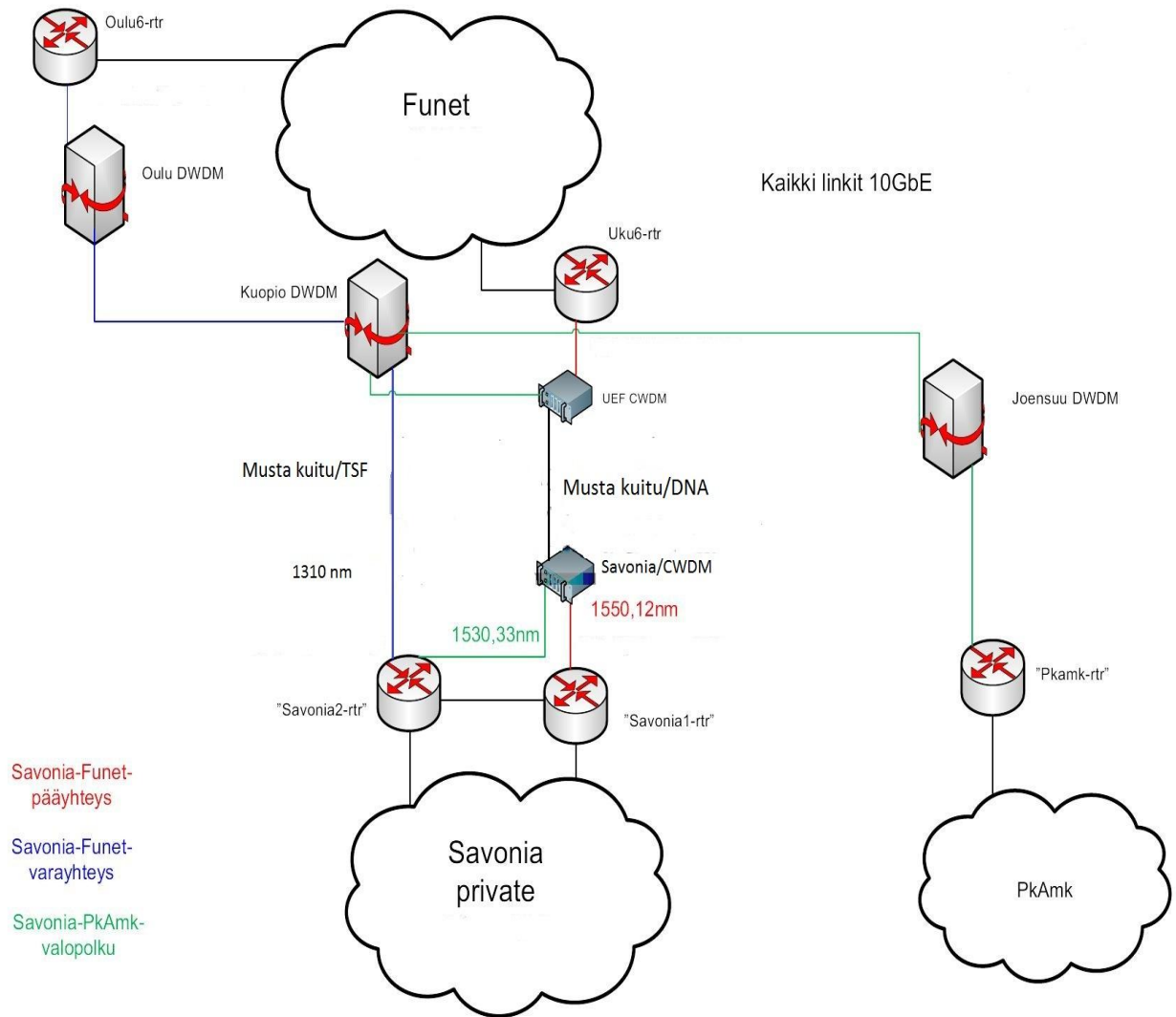
Olen laittanut kyseisen rakenteen näkyviin yllä olevaan kuvaan (Kuva 21). Kuvassa olevat Ciscon reunalaitteet eli C6509S ja C6509M päivitetään uusien yhteyksien varalle.

Kyseiset reitittimet ovat nimetty kuvassa nimillä Savonia1-rtr ja Savonia2-rtr. Cisco ehdotti uudeksi Masteriksi eli päärungoksi sen C6509E laitetta, joka tukee 10 Gb:n verkkoja. Slaveksi eli toiseksi rungoksi valittiin Ciscon Catalyst 6500.

Molempiin reunalaitteisiin tulee kaksi kappaletta 10 Gb:n porttipaikkaa. Lisäportteja saa tarvittaessa 4:n, 8:n tai 16:sta portin linjakortteina. Laitteiden päivittäminen on kannattavaa eivätkä kustannukset nouse kovinkaan suureksi verrattuna kokonaan uusittavaan kalustoon. Kuvassa näkyy myös jo aiemmin esitelty varayhteys joka kulkee Oulun kautta. Palomuuureja ei kuvassa vielä ole, koska niissä ei ole tukea 10 Gb:n verkoille ja näin ollen niitä ei voida vielä lisätä. Palomuurit toteutetaan ns. VRF-tekniikalla (Virtual Route Forwarding), jossa palomuurissa on portti siihen tulevalle liikenteelle sekä siitä lähtevälle liikenteelle.

Yhteydet toteutetaan DWDM- ja CWDM-tekniikoilla ja niiden käyttämät aallonpituudet on merkitty kuvaan mukaan.

Työ toteutetaan kahdessa osassa, koska ensin päivitetään toinen runkokytin ja arviolta kesäkuussa 2011 otetaan käsittelyyn jälkimmäinen. Myöhemmin molempien kytkinten ollessa toimintakunnossa otetaan käyttöön ns. VSS (Virtual Switching System) jolla pystytään käyttämään molempia kytkimiä yhtenä laitekokonaisuutena. Näin ollen niiden hallinta ja valvonta helpottuu huomattavasti. Tietoverkon päivittäminen jatkuu ainakin vuoden 2011 loppuun ja mahdollisesti vielä vuoden 2012 puolelle.



KUVA 21 Tietoverkon toteutus

Kuvan lähde: Funet piirustukset



## 7 YHTEENVETO

Tietoverkkojen alati kasvava suorituskyyky ja vaatimukset pakottivat Savonia-ammattikorkeakoulua uusimaan verkkoaan. Uusi tietoverkko ja sen käyttämä nopeusluokka antaa opiskelijoille kun myös henkilökunnalle paremmat työskentelymahdollisuudet.

Alkuun oli järkevää tutustua käytössä olevaan verkkoon ja sen käyttämään laitteistoon, jotta saatiin selville mitä tulee tehdä ja miten haluttuun lopputulokseen päästäisiin. Savonia-ammattikorkeakoulun ollessa kohtuullisen suuri kampus tämä vei paljon aikaa mutta lopulta kuva tietoverkosta saatiin selkeäksi ja päästiin suunnittelemaan.

Laitteistojen hankinnat vaativat aikaa joten niistä aiheutui hieman odottelua. Oli erittäin tärkeää kilpailuttaa toimittajia, jotta saatiin laitteisto mahdollisimman edullisesti ja säästettiin rahaa.

Lopullinen ratkaisu päivittää Ciscon kahta runkokytkintä oli varmasti paras ratkaisu niin taloudellisesti kuin toiminnan kannalta. Ciscon laitteiston pysyessä käytössä tietohallinnon on helpompi ottaa uusi järjestelmä käyttöön, koska se sisältää jo ennestään tuttuja komponentteja. Kokonaan uuden järjestelmän käyttöönotto olisi vaatinut aikaa ja resursseja. Myös päätös varayhteyden nopeuden nostamisesta 10 Gb:iin varmistaa verkon suorituskyyvyn säilymisen ongelmien sattuessa. Myöhemmin tulossa olevalla VSS-järjestelmällä saadaan Ciscon runkokytkimien hallinta helpommaksi.

Tämän projektin merkitys tietohallinnolle ja Savonia-ammattikorkeakoululle on merkittävä, koska saatiin selkeä kuva valokuituyhteyksistä ja niiden eduista muihin yhteyksiin verrattuna. Projektia voidaan myös käyttää jatkossa apuna tutkittaessa ja selitettäessä valokuitujen toimintaa. Tietoverkon uusimista jatketaan ainakin vuoden 2011 loppuun asti ja tarvittaessa vuoden 2012 puolelle.

Kaiken kaikkiaan työ onnistui erittäin hyvin ja sain paljon uutta tietoa valokuiduista ja niiden toiminnasta. Tätä kaikkea tietoa voidaan varmasti hyödyntää tulevaisuudessa valokuituyhteyksien kanssa toimiessa.

## LÄHTEET

Anttila, A. 2000. *TCP/IP tekniikka*. Helsinki: Helsinki Media Erikoislehdet

Chappel, L. 1999. *Cisco reitittimet*. Helsinki: IT Press Copyright

Granlund, K. 2003. *Tietoliikenne*. Helsinki: WSOY

Granlund, K. 2007. *Tietoliikenne*. Helsinki: WSOY

Hakala, M & Vainio M. 2005. *Tietoverkon rakentaminen*. Porvoo: WS Bookwell

Helkama, 2001. *Valokaapelit tele- ja tietoverkoissa* . Helsinki: WSOY

Holttinen, J. 2005. *Tietoverkot : perusteet*. IT Press Copyright

Holttinen, J. 2002. *Cisco Verkkoakatemia: 1. vuosi*. Helsinki: IT Press Copyright

Holttinen, J. 2002. *Cisco Verkkoakatemia: 2. vuosi*. Helsinki: IT Press Copyright

Kaario, K. 2002. *TCP/IP – verkot*. Helsinki: WSOY

Koivisto, P. *Optiset kaapeloinnit kiinteistössä*. Espoo: Sähköinfo Oy 2009

Kurki, M. 2010. *Pk-yrityksen tietotekniikka käytännönläheisesti*. Helsinki: Helsingin Kamari Oy

Laine, J. 1999. *Tietotekniikka Tiivistelmä*[verkkodokumentti]. Teknillinen Korkeakoulu.  
Saatavissa : <http://www.tml.tkk.fi/Studies/Tik-110.300/1999/Essays/wdm.html>

Selin, J. 1995. *Internet-tietoverkko*. Helsinki: Tietokotka Oy

*Tuotetiedot*. Cisco. Tuotteet ja tiedot [viitattu 12.1.2011]. Saatavissa  
[http://www.cisco.com/web/FI/products/products\\_home.html](http://www.cisco.com/web/FI/products/products_home.html)

*Tuoteopas*. Computerlinks. Juniper tuoteopas [viitattu 4.2.2011] Saatavissa  
<http://www.computerlinks.fi/FMS/0001821.pdf>